

Universidades Lusíada

Sá, Marta Simões de Pinho Alves de

**Análise e otimização de uma linha de produção
usando ferramentas de melhoria contínua**

<http://hdl.handle.net/11067/5972>

Metadados

Data de Publicação

2020

Resumo

Num mercado cada vez mais competitivo, produzir mais, com menos recursos e de forma mais rápida e eficiente, são atualmente os desafios das empresas, e para isso é necessário que as empresas apostem na melhoria contínua dos seus processos produtivos. O Lean Manufacturing apresenta-se como um modelo de gestão com o objetivo de criar valor através da eliminação de todos os desperdícios, adotando uma cultura de melhoria contínua e orientação para o cliente. O presente projeto de dissertação tem c...

In an increasingly competitive market, producing more, with fewer resources, faster and more efficiently, are the challenges that currently the companies face. To overcome such challenges, it is necessary that companies bet on improving their production processes. Lean Manufacturing is presented as a management model with the objective of creating value through the waste elimination, by adopting a continuous improvement culture and customer orientation. This dissertation project intends to inc...

Palavras Chave

Gestão industrial, Lean manufacturing, Optimização do Sistema

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

no

Coleções

[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2023-05-04T17:03:48Z com
informação proveniente do Repositório



**UNIVERSIDADE LUSÍADA – NORTE
CAMPUS DE VILA NOVA DE FAMALICÃO**

**Análise e otimização de uma linha de produção
usando ferramentas de melhoria contínua**

Marta Simões de Pinho Alves de Sá

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Novembro, 2020



Universidade Lusíada Norte
Campus de Vila Nova de Famalicão

Análise e otimização de uma linha de produção usando ferramentas de melhoria contínua

Marta Simões de Pinho Alves de Sá

Orientador Interno: Professora Doutora Ana Cristina Ferreira

Orientador Externo: Eng.º Geraldo Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Agradecimentos

A realização da presente dissertação é o reflexo de um longo ciclo de estudo, e contou com o contributo e ajuda de várias pessoas.

Em primeiro lugar, expressar o meu sincero e profundo agradecimento ao meu orientador externo Eng.º Geraldo Silva, que acedeu ao meu pedido de realização de estágio na *Vishay Electrónica Portugal*. Obrigada pela disponibilidade, apoio e principalmente pela partilha de conhecimento.

Agradeço à Professora Doutora Ana Cristina Ferreira, que me acompanhou incansavelmente e que sempre se mostrou disponível para me auxiliar em qualquer dúvida que tivesse.

Também agradecer a colaboração, o apoio e a total prontidão do Eng.º Carlos Santos, pelo tempo que disponibilizou para acompanhar todo o processo, assim como à Eng.ª Sophie Andrade pela cooperação e companheirismo durante a execução do projeto.

Agradeço ainda a todos os operadores da linha de montagem do condensador MKT1820S, pela simpatia, prontidão e ajuda facultada ao longo do projeto.

Por último, mas sempre vitais, às pessoas especiais da minha vida, ao meu marido e filhos, aos meus pais e sogros, primeiramente pelo incentivo, compreensão, apoio e paciência que sempre demonstraram nesta fase da minha vida.

A todos o meu Muito Obrigada!

Resumo

Num mercado cada vez mais competitivo, produzir mais, com menos recursos e de forma mais rápida e eficiente, são atualmente os desafios das empresas, e para isso é necessário que as empresas apostem na melhoria contínua dos seus processos produtivos.

O *Lean Manufacturing* apresenta-se como um modelo de gestão com o objetivo de criar valor através da eliminação de todos os desperdícios, adotando uma cultura de melhoria contínua e orientação para o cliente.

O presente projeto de dissertação tem como principal objetivo aumentar a produtividade de uma linha de produção da empresa de montagem de componentes eletrónicos *Vishay Electrónica Portugal* (VEP). Para tal, foi desenvolvido um plano de implementação de ferramentas do *Lean Manufacturing* e do método do “Estudo do Trabalho”.

O projeto foi desenvolvido tendo em consideração o planeamento de um conjunto de ações de melhoria em três processos do sistema produtivo, nomeadamente, a soldadura, a montagem/enchimento e a medida/ensaio. No início do projeto (semana 9) foram definidas as metas de melhoria de produtividade a atingir com a implementação das melhorias, 25 peças/hora na soldadura manual, 30 peças/hora na soldadura automática, e 47 peças/horas na montagem/enchimento e medida/ensaio. Recorrendo à metodologia de investigação-ação, e através da implementação de ações de melhoria, tais como, a melhoria da performance do sistema informático, a normalização do método de trabalho e a identificação e eliminação de desperdícios, obteve-se, na semana 26, uma produtividade de 24 peças/hora na soldadura manual, 29 peças/hora na soldadura automática, 45 peças/hora na montagem/enchimento e 43 peças/hora na medida/ensaio. Verificou-se de igual forma uma diminuição de 52% da quantidade de condensadores em retrabalho. Como resultado, devido às melhorias implementadas, foi possível um aumento de 53,97% na produtividade, que significou um aumento na faturação semanal na ordem dos 62.925 €. Estes resultados possibilitaram à *Vishay Electrónica Portugal* a capacidade de aumentar o desempenho das suas linhas produtivas.

Palavras-chave:

Lean Manufacturing, redução de desperdícios, trabalho normalizado, melhoria contínua, estudo do trabalho

Abstract

In an increasingly competitive market, producing more, with fewer resources, faster and more efficiently, are the challenges that currently the companies face. To overcome such challenges, it is necessary that companies bet on improving their production processes.

Lean Manufacturing is presented as a management model with the objective of creating value through the waste elimination, by adopting a continuous improvement culture and customer orientation.

This dissertation project intends to increase the productivity of a production line of *Vishay Electrónica Portugal* (VEP), an electronic components assembly company. To this end, it was developed a plan to implement several tools from Lean Manufacturing and the “Work Study” method.

The project was developed taking into account a set of improvement actions in three production processes, namely, the soldering, the assembly/filling and the measurement/testing. At the beginning of the project (week 9), the productivity improvement goals to be achieved with the implementation of the improvements were defined. Those targets included a productivity of 25 pieces/hour in manual soldering, 30 pieces/hour in automatic soldering, and 47 pieces/hours in assembly/filling and measurement/testing. Using the action-research methodology, and through the implementation of improvement actions, such as improving the performance of the computer system, the standardizing the working method, the waste identification and elimination, in week 26, the productivity was 24 pieces/hour for manual soldering, 29 pieces/hour for automatic soldering, 45 pieces/hour for assembly/filling and 43 pieces/hour for measurement/testing. There was also a 52% decrease in the amount of reworked capacitors.

As a result, due to the improvements implemented, it was possible to increase 53,97% in productivity, which meant an increase in weekly invoicing in the order of 62.925 €. These results allowed *Vishay Electrónica Portugal* the ability to increase its production lines performance.

Keywords:

Lean Manufacturing, waste reduction, standard work, continuous improvement, work study

Índice geral

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice de figuras.....	viii
Índice de tabelas.....	xii
Lista de abreviaturas e símbolos	xiii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia de investigação	2
1.4. Estrutura da dissertação	3
2. Fundamentação teórica	4
2.1. Fundamentos <i>Lean Manufacturing</i> e princípios da melhoria contínua	4
2.1.1. Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	4
2.1.2 Diferentes tipos de desperdício.....	6
2.1.3. Ciclo PDCA	8
2.1.4. Normalização do trabalho.....	9
2.2. Metodologias do estudo e organização do trabalho	11
2.2.1. Estudo dos métodos	11
2.2.2. Estudo dos tempos	16
2.2.2.2 Determinação do tempo normalizado e tempo <i>standard</i>	17
2.3. Medidas de desempenho.....	20
2.3.1. Produtividade	20
2.3.2. “ <i>Takt Time</i> ” e tempo de ciclo	20
2.3.3. <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	21
3. Apresentação da empresa.....	22
3.1. Identificação e localização da empresa	22
3.2. História, missão e valores da empresa.....	23
3.3. Estrutura organizacional	24
3.4. Posicionamento no mercado.....	25
3.5. Produtos	27
3.6. Caracterização do processo e fluxo produtivo.....	27

3.6.1. Processo de bobinagem.....	28
3.6.2. Processo de pré-montagem	29
3.6.3. Processo de montagem	31
3.6.4. Processo de medida/ensaio	34
4. Descrição e análise crítica da situação atual	37
4.1. Caracterização e análise do processo de soldadura	38
4.1.1. Descrição do funcionamento do processo de soldadura	38
4.1.2. Análise crítica dos tempos produtivos do processo de soldadura.....	40
4.2. Caracterização e análise do processo de montagem/enchimento	45
4.2.1. Descrição do funcionamento do processo montagem/enchimento.....	45
4.2.2. Análise crítica do processo de montagem/enchimento.....	50
4.3. Caracterização e análise do processo de medida/ensaio.....	51
4.3.1. Descrição do funcionamento do processo de medida/ensaio	51
4.3.2. Análise crítica do processo de medida/ensaio	56
4.4. Análise e síntese de problemas dos processos produtivos em estudo	61
4.4.1. Produção insuficiente	61
4.4.2 Métodos de trabalho incoerentes	63
4.4.3 Existência de desperdícios.....	66
5. Implementação de propostas de melhoria.....	70
5.1. Elaboração de um plano de ação de propostas de melhoria	70
5.2. Implementação das melhorias e análise dos seus resultados.....	71
5.2.1. Alteração da forma de regulação de resina epóxi	71
5.2.2. Alteração da prensa dos condensadores após 1.º enchimento	71
5.2.3. Alteração do tamanho da rede	72
5.2.4. Utilização do tempo de cura da última régua da estufa 3	73
5.2.5. Formação de novos operadores	73
5.2.6. Diminuição do tempo de medição de RIS	74
5.2.7. Melhorar o tempo de duração de medições de RIS consecutivas.....	74
5.2.8. Melhorar a performance do sistema informático.....	75
5.2.9. Implementação de trabalho normalizado.....	76
5.2.10. Medidas com vista à redução dos tempos de espera.....	79
5.3. Avaliação do impacto das medidas de melhoria na produtividade	79
5.3.1 Impacto na produtividade semanal	79

5.3.2 Impacto na produtividade peça/hora.....	81
5.4. Síntese dos ganhos e benefícios do plano de ação de melhorias	84
6. Conclusões e trabalho futuro	87
6.1 Principais conclusões.....	87
6.2 Trabalho futuro	88
Referências bibliográficas.....	89
Apêndices.....	92
Apêndice I – Registos de formação na medida/ensaio – normalização do trabalho.....	92
Apêndice II – Documento normalização do trabalho - Sequência de tarefas – MJ1.....	95
Apêndice III – VSM do processo produtivo melhorado	100

Índice de figuras

Figura 1 - Princípios do <i>Lean Thinking</i>	5
Figura 2 - Sete tipos de desperdícios.....	6
Figura 3 - Fases do ciclo PDCA.....	8
Figura 4 - Passos para uma implementação de processos de trabalho padronizado.	10
Figura 5 - Regras necessárias na elaboração de fluxograma.....	12
Figura 6 - Possíveis melhorias obtidas através da examinação dos fatos.	15
Figura 7 - Objetivos do estudo de tempos (Ferreira, 2017).	16
Figura 8 – Vista aérea da totalidade das instalações da VEP Portugal (VEP, 2019).	22
Figura 9 – Vista da unidade fabril VEP Portugal. (VEP, 2019).....	22
Figura 10 - Logotipo da empresa (VEP, 2019).	23
Figura 11 - Localização das fábricas do grupo no mundo (VEP, 2019)	24
Figura 12 - Identificação da estrutura organizacional da empresa VEP, considerando os departamentos funcionais das áreas operacional e administrativa.	25
Figura 13 - Principais clientes da empresa (VEP, 2019).....	26
Figura 14 - Produtos fabricados pela VEP (VEP, 2019).....	27
Figura 15 - Máquina de bobinagem.	28
Figura 16 – Bobinas para os condensadores.	29
Figura 17 - Esquema representativo da prensagem.....	29
Figura 18 - Máquina de envolvimento.	30
Figura 19 - Esquema representativo da metalização.	30
Figura 20 - Máquina de tratamento de tensão.....	31
Figura 21 - Máquina de corte laser (VEP, 2019).	31
Figura 22 - Esquema representativo da montagem dos terminais.....	32
Figura 23 - Esquema representativo da soldadura das redes à bobina.	32
Figura 24 - Blocos à entrada da estufa de secagem dos blocos.....	33
Figura 25 - Condensadores após cura final da resina epóxi.	34
Figura 26 – Posto de medida/ensaio – MJ1.	34
Figura 27 - Fluxograma do condensador MKT1820S (VEP, 2019).	36
Figura 28 – Tarefas dos processos em estudo - BE <i>Line</i> 1.....	37
Figura 29 – Esquema representativo do <i>layout</i> dos processos em estudo da linha BE <i>Line</i> 1.....	37
Figura 30 - Montagem do <i>jig</i>	38
Figura 31 – Entrada do <i>jig</i> no <i>robot</i> 1 (soldadura das redes às bobinas) após a montagem.....	38
Figura 32 - Entrada do <i>jig</i> no <i>robot</i> 2 (soldadura das redes ao terminal) após a 1ª soldadura.	39
Figura 33 – Verificação visual do bloco após a segunda soldadura.....	39
Figura 34 - Circuito dos três <i>jigs</i> no processo de soldadura.....	39

Figura 35 – Diagrama de sequência turno 1 – soldadura automática.....	43
Figura 36 – Diagrama de sequência turno 2 – soldadura automática.....	44
Figura 37 – Estação 1 - colocação do copo na estação de enchimento.	45
Figura 38 – Estação 1 - enchimento de resina epóxi na base do copo.	45
Figura 39 – Estação 1 - colocação dos blocos no copo.....	46
Figura 40 – Estação 1 - 1.º enchimento.....	46
Figura 41 – Colocação da cavilha.	46
Figura 42 – Prensagem do condensador.....	46
Figura 43 – Estação 2 - remoção da gamela da estufa 1.	47
Figura 44 – Estação 2 - reentrada da gamela na estufa 1.	47
Figura 45 – Esquema representativo do posicionamento do 1.º e 2.º enchimento.	47
Figura 46 – Estação 3 - Remoção da gamela da estufa 1.....	48
Figura 47 – Estação 3 – Posto do 3.º enchimento.	48
Figura 48 – Estação 3 – Introdução gamela na estufa 2.....	48
Figura 49 – Esquema representativo do posicionamento do 3.º enchimento em relação às estufas 1 e 2.....	48
Figura 50 – Estação de verificação e remoção da gamela da estufa 2.	49
Figura 51 – Estação de trabalho do 3.º enchimento e de verificação.	49
Figura 52 – Esquema representativo da estação de verificação.	49
Figura 53 – Saída automática da estufa 3 e introdução no tapete de arrefecimento.	50
Figura 54 – Circuito de um condensador no processo de montagem/enchimento.....	50
Figura 55 – Remoção dos condensadores do tapete de arrefecimento.....	52
Figura 56 – Introdução dos condensadores na gaveta do teste de tensão.....	52
Figura 57 – Remoção dos condensadores da gaveta do teste de tensão.....	52
Figura 58 – Movimentação do operador até à gaveta de medida de RIS.....	52
Figura 59 – Abertura da gaveta de medida de RIS.	53
Figura 60 – Introdução dos condensadores na gaveta de medida de RIS.	53
Figura 61 – Remoção dos condensadores da gaveta de medida de RIS.....	53
Figura 62 – Movimentação do operador ao equipamento de medição capacidade/Tanδ/ESR.	53
Figura 63 – Introdução do primeiro condensador no equipamento de medição de capacidade/Tanδ/ESR.	54
Figura 64 – Movimentação do operador até ao equipamento de marcação a laser.....	54
Figura 65 – Introdução do condensador para marcação a laser.	54
Figura 66 – Início da marcação a laser.....	55
Figura 67 – Movimentação do operador até ao posto de verificação e limpeza.	55
Figura 68 – Remoção do condensador do equipamento de marcação.	55
Figura 69 – Início de verificação visual e introdução no calibre.	56

Figura 70 – <i>Robot</i> de limpeza em operação.	56
Figura 71 – Remoção dos condensadores do <i>robot</i> de limpeza.	56
Figura 72 – Acondicionamento e embalamento dos condensadores.....	56
Figura 73 – Diagrama de sequência turno 1 e 2 – MJ1.....	59
Figura 74 – Diagrama de sequência turno 4 – MJ1.....	60
Figura 75 – Identificação e caracterização dos principais problemas.	61
Figura 76 – Produtividade no início do estudo e objetivos propostos.....	62
Figura 77 – Diagrama de causa-efeito para determinação das causas da produção insuficiente. ...	63
Figura 78 – Movimentos do operador durante o turno 1.....	64
Figura 79 – Movimentos do operador durante o turno 2.....	64
Figura 80 – Regulação manual 1º enchimento.....	64
Figura 81 – Prensagem do condensador.....	64
Figura 82 – Entrada e saída da estufa 3.....	66
Figura 83 – Condensador com falta de resina epóxi após 3.º enchimento.	66
Figura 84 – Condensador apto para seguir para o posto de medida/ensaio.	66
Figura 85 – Regulação manual.....	71
Figura 86 – Regulação automática.	71
Figura 87 – Prensagem manual.	71
Figura 88 – Prensagem automática (estufa).	71
Figura 89 – Proposta de alteração da rede.....	72
Figura 90 – Número de condensadores com resina epóxi no copo.	72
Figura 91 – Extração de condensadores da estufa 3.....	73
Figura 92 – Registo de ocorrências – MJ1.....	74
Figura 93 – Registo de ocorrências – reinício do sistema informático na MJ1.	75
Figura 94 – Diagrama de sequência – método proposto – MJ1.	77
Figura 95 – Medição da capacidade do 2.º condensador.	78
Figura 96 – Introdução do 2.º condensador na marcação a laser.	78
Figura 97 – Apoio do operador pivô no posto de trabalho MJ1.	78
Figura 98 – Evolução da produção (peças/semana) – soldadura manual.....	79
Figura 99 – Evolução da produção (peças/semana) – soldadura automática.	80
Figura 100 – Evolução da produção (peças/semana) – montagem/enchimento.....	80
Figura 101 – Evolução da produção (peças/semana) – medida/ensaio.	81
Figura 102 – Evolução da produção (peças/hora) – soldadura manual.....	81
Figura 103 – Evolução da produção (peças/hora) – soldadura automática.	82
Figura 104 – Evolução da produção (peças/hora) – montagem/enchimento.	82
Figura 105 – Evolução da produção (peças/hora) – medida/ensaio.	83
Figura 106 – Percentagem de falhas mecânicas e elétricas.....	83

Figura 107 – Produtividade antes e após implementação de melhorias.....	85
Figura 108 – Aumento da faturação do condensador em estudo.	86

Índice de tabelas

Tabela 1 - Simbologia utilizada para a elaboração de fluxograma.....	13
Tabela 2 - Simbologia utilizada para a elaboração de gráfico de processo.	13
Tabela 3 - Questões para a 1ª fase do método interrogativo.	14
Tabela 4 - Questões para a 2ª fase do método interrogativo.	14
Tabela 5 - Avaliação subjetiva do desempenho e avaliação da atividade do colaborador com base em Escalas de referência de desempenho (Sevikan & Kilic, 2016).	18
Tabela 6 - Avaliação subjetiva do desempenho com referência á escala de <i>Westinghouse</i>	19
Tabela 7 - Mercados alvo e exemplos de produtos (VEP, 2019).	26
Tabela 8 - Materiais utilizados na produção de condensadores de filme (Lima, 2015).	28
Tabela 9 – Horário de funcionamento dos cinco turnos neste centro de trabalho.....	40
Tabela 10 – Cronometragem do tempo de processo de soldadura – medições preliminares.	41
Tabela 11 – Determinação da dimensão da amostra – soldadura automática.	41
Tabela 12 – Determinação do tempo de ciclo médio – soldadura automática.	42
Tabela 13 – Cronometragem do tempo de processo de medida/ensaio – medições preliminares...	57
Tabela 14 – Determinação da dimensão da amostra – medida/ensaio.	58
Tabela 15 – Determinação do tempo de ciclo médio - medida/ensaio.....	58
Tabela 16 – Tempo de duração do 1.º enchimento.....	67
Tabela 17 – Produtividade no posto de medida/ensaio (MJ1).....	68
Tabela 18 – Quadro síntese dos problemas e principais consequências.....	69
Tabela 19 – Plano de ações de melhoria segundo a técnica 5W2H.	70
Tabela 20 – Alteração da capacidade instalada da estufa 3.....	73
Tabela 21 – Alteração do tempo de duração da medição de RIS.....	74
Tabela 22 – Alteração do tempo de duração da medição de RIS sempre que falha a 1ª medição. .	75
Tabela 23 – Valor do <i>throughput time</i>	84
Tabela 24 – Resumo dos ganhos por processo de trabalho.	85

Lista de abreviaturas e símbolos

AR	Atividade de Referência
BE	<i>Back-End</i>
ESR	<i>Equivalent Series Resistance</i>
FA	Fator de Atividade
FT	Fator de Tolerância
GUT	Gravidade Urgência Tendência
h	Margem de erro
JIT	<i>Just In Time</i>
MJ1	<i>Michael Jackson 1</i>
n	Dimensão da amostra
n'	Número de medições preliminares
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
Ris	<i>Insulation Resistance</i>
S	Desvio padrão
SW	<i>Standard Work</i>
TN_i	Tempo Normalizado
TO	Tempo Observado
TS	Tempo <i>Standard</i>
VEP	Vishay Electrónica Portugal
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Process</i>
x	Valor de cada medição
z	Nível de confiança
\bar{x}	Valor médio

1. Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do curso do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade Lusíada Norte. O projeto de dissertação tem como temática a análise de uma linha de produção usando ferramentas de melhoria contínua numa empresa do setor de produção de componentes eletrónicos. Neste capítulo, apresentam-se o enquadramento ao tema, a motivação que levou ao seu estudo, os objetivos, a metodologia de investigação adotada e, por último, a estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

Atualmente, é crucial que as empresas tenham a capacidade de reduzir os custos associados à produção (desperdícios de matéria-prima, tempo, espaço e custos ligados à qualidade), assim como a iniciativa em implementar melhorias constantes e contínuas. Por essa razão, e devido à atual situação económico-financeira, as empresas optam por implementar metodologias do *Lean Manufacturing*.

A metodologia *Lean* está frequentemente associada à implementação de diversas ferramentas com o objetivo de reduzir ou até eliminar completamente os desperdícios, ferramentas tais como a normalização do trabalho, os 5S, entre outros, que possibilitam o melhoramento contínuo dos processos e fluxos de materiais e informação das empresas. Sendo a eliminação de desperdícios um dos princípios da metodologia *Lean Manufacturing*, é possível conseguir benefícios/ganhos relevantes de produtividade e eficiência. Dessa forma, as empresas conseguem manter-se competitivas, num mercado onde somente os melhores e os mais fortes sobrevivem, sem afetar o produto ou serviço que fornecem.

A *Vishay Electrónica Portugal* (doravante designada por VEP) é uma empresa fabricante de condensadores de filme, com origem na empresa *Roederstein* pertencente ao grupo alemão com o mesmo nome. Como consequência do crescente processo de transferência do fabrico dos seus produtos para países de mão-de-obra barata (sobretudo para países asiáticos), surgem os desafios relacionados com a eficiência de produção, em valor e quantidade, dados os desafios colocados pelos novos competidores. Atualmente, o plano de crescimento e desenvolvimento da empresa centra-se: (1) no aumento dos recursos para a investigação e desenvolvimento de novos produtos; (2) engenharia de processos e marketing do produto; e ainda (3) na força de vendas técnicas de forma a gerar um fluxo constante de componentes inovadores para criar gerações de produtos finais.

Esta dissertação foi desenvolvida nesse contexto, através da implementação da normalização dos processos de trabalho e da identificação e eliminação de desperdícios de atividades que não acrescentam valor nos postos de trabalho na linha de produção em estudo.

1.2. Objetivos

Face a uma primeira análise desenvolvida no contexto da VEP, verificou-se que a principal problemática a resolver é a baixa produtividade e o excesso de desperdícios nos processos de trabalho de soldadura, montagem/enchimento e medida/ensaio. Pretende-se assim aplicar princípios *Lean* e da gestão e organização do trabalho com a implementação de ferramentas do estudo dos métodos e estudo dos tempos.

Nesse sentido, o principal objetivo deste trabalho é fomentar o aumento da produtividade numa linha de produção de uma empresa de montagem de componentes eletrónicos com vista à melhoria contínua. Para atingir o objetivo principal pretendeu-se concretizar os seguintes objetivos parciais:

- Eliminação dos desperdícios na linha de produção em estudo;
- Normalizar os processos de trabalho de soldadura, montagem/enchimento e medida/ensaio;
- Dar formação aos operadores dos três processos com vista à manutenção de práticas normalizadas de trabalho.
- Aumentar a produtividade dos processos de soldadura, montagem/enchimento e medida/ensaio da linha BE *LINE 1*, de acordo com as metas estabelecidas pela gestão de topo da empresa e com base no valor de encomenda do cliente.

No que diz respeito às medidas de desempenho da VEP, as métricas de análise baseiam-se nos índices de aumento da produtividade da linha de produção e na eficiência na execução das tarefas pelos operadores.

1.3. Metodologia de investigação

Este projeto de dissertação contempla a análise dos dados e informações, a observação dos operadores no ambiente de trabalho e a participação e a intervenção do investigador neste ambiente. Por isso, considera-se que a metodologia de investigação mais apropriada é a investigação-ação ou na terminologia inglesa “*Action Research*” (Susman & Evered, 1978). Esta é uma metodologia que tem um duplo objetivo no processo de pesquisa, nomeadamente, a colaboração tanto do investigador na sua ação como o sujeito em estudo através do sistema, conseguindo desta forma que a aprendizagem seja partilhada entre todos os intervenientes. A metodologia “*Action Research*” utilizada no projeto é constituída por cinco fases que são:

- Diagnóstico: identificação e definição do problema;
- Planeamento: considerar alternativas de ação;
- Execução de medidas: seleção de alternativas de ação e implementação;
- Avaliação: estudo das consequências e impacto das ações;
- Especificação da aprendizagem: identificação de conclusões gerais.

Com a intenção de clarificar o tema do projeto, foi realizada inicialmente uma revisão dos fundamentos sobre as práticas do *Lean Manufacturing*, iniciando-se pelo conceito, princípios fundamentais até às principais técnicas e ferramentas utilizadas neste projeto de dissertação. Através de uma análise geral da empresa e do acompanhamento da produção, foi possível conhecer melhor os diferentes processos existentes, valores e objetivos da VEP. Deste modo, foi possível analisar os pontos que poderiam ser alvos de melhoria. Para os problemas detetados foram propostas ações de melhoria com base nos princípios *Lean*. Após a implementação das propostas de melhoria, calcularam-se os índices de produtividades e estes foram comparados com as metas definidas pelas chefias da empresa.

1.4. Estrutura da dissertação

Este documento compreende o desenvolvimento do trabalho em seis capítulos. Após se realizar, neste capítulo, uma breve introdução do projeto, dos objetivos e metodologia de investigação, no segundo capítulo é feita uma revisão dos conceitos teóricos sobre as metodologias *Lean* aplicados nesta dissertação, bem como os conceitos relativos à normalização de trabalho, tipos de desperdícios e à implementação do ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Act*). A apresentação da VEP é efetuada no terceiro capítulo, assim como, a descrição do processo e fluxo produtivo da linha de produção. No quarto capítulo é apresentado a descrição e análise crítica da situação da empresa, aquando do início do projeto, nomeadamente a caracterização e identificação de problemas dos postos de trabalho da linha produtiva. No quinto capítulo, são apresentadas as propostas de implementação de melhorias, com os respetivos planos de ação. Neste mesmo capítulo são analisados os principais resultados obtidos e os ganhos obtidos com o projeto de dissertação são quantificados. O último e sexto capítulo refere as conclusões destacando-se as principais considerações deste projeto de dissertação e o trabalho futuro.

2. Fundamentação teórica

Neste capítulo apresenta-se uma revisão da fundamentação teórica e científica de relevância para o tema em estudo. Por conseguinte são abordados temas como: o *Lean Manufacturing*, melhoria contínua, tipos de desperdícios e indicadores de desempenho usados por este sistema. Para além destes temas, também se abordou a configuração e aplicação de sistemas de produção assim como metodologias do estudo e organização do trabalho.

2.1. Fundamentos *Lean Manufacturing* e princípios da melhoria contínua

O conceito *Lean* foi adotado com base no sistema de produção da *Toyota – Toyota Production System* (TPS) – criado por *Taiichi Ohno*, como sendo um modelo de gestão inovador e competitivo que, comparado com os sistemas de produção tradicionais – artesanal e em massa – demonstrou ser possível a melhoria da produtividade, com qualidade e utilizando menos recursos, apresentando assim uma evidente melhoria de desempenho (Weigel, 2000). O sistema TPS permite que os seus trabalhadores apliquem as regras como uma consequência dos procedimentos definidos, ou seja, com esta abordagem pretende-se que os colaboradores aprendam como fazer o seu trabalho através de práticas *standard* em vez de ser alguém a indicar-lhes como proceder/atuar (Alves *et al.*, 2012). Na análise dos dois modelos tradicionais, constatou-se o seguinte (Womack, Jones, & Roos, 1990):

- Embora a produção artesanal se baseie na qualificação dos trabalhadores e no atendimento personalizado, esse tipo de produção implicava elevados custos para a produção de bens produzidos de forma individualizada para o cliente (Pereira, 2014).
- Por sua vez, a produção em massa, não aposta na qualificação dos operadores, ou seja, aloca operadores com poucas qualificações para a realização de tarefas específicas e na produção de bens em grande quantidade. Sendo um tipo de produção que aposta em níveis altos de produtividade por trabalhador e na prática de preços baixos e atrativos para o consumidor final, a produção em massa acaba por não dar a importância ao fato de produzir com variedade e de garantir a rotatividade e polivalência dos trabalhadores (Pereira, 2014).

Pode-se definir a produção *Lean* como uma combinação das vantagens da produção artesanal e produção em massa, ou seja, evitando os custos elevados da produção artesanal e a inflexibilidade da produção em massa. Esta metodologia engloba uma grande variedade de práticas de gestão, tais como o *Just-in-time* (JIT), *work teams*, *cellular manufacturing* (Pereira, 2014).

2.1.1. Princípios do *Lean Manufacturing*

Embora desenvolvido por Krafcik, os autores *James P. Womack* e *Daniel T. Jones* foram impulsionadores do conceito “*Lean Manufacturing*” aquando a publicação do livro “*Lean Thinking*”:

Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”, em que associaram o *Lean* a uma nova forma de pensamento, sendo uma filosofia com base em cinco princípios: 1) valor; 2) cadeia de valor; 3) fluxo contínuo; 4) sistema *pull* e 5) busca da perfeição (Womack & Jones, 1996; Womack & Jones, 2003). A figura 1 evidencia o ciclo de aplicação dos cinco princípios do *Lean Thinking*, seguindo-se uma breve explicação de cada um deles.

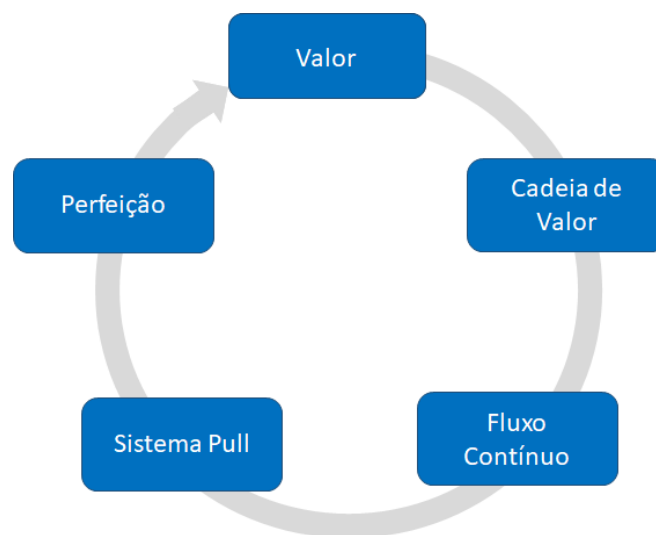


Figura 1 - Princípios do *Lean Thinking*.

- Especificar valor: o valor é definido pelo consumidor final, relativamente a um produto (bem e/ou serviço) que satisfaça as suas necessidades (conformidade com os requisitos), no tempo certo e com o preço certo. Segundo *Taiichi Ohno*, todo pensamento industrial deve começar diferenciando o valor de muda - o termo japonês para desperdício (Nacional Council Research Canada, 2004).
- Identificar a cadeia de valor: é definida pelo conjunto de atividades necessárias para produzir um determinado bens e/ou serviços. Para identificar o valor na cadeia, é necessário identificar os desperdícios para que estes sejam eliminados, nomeadamente, tempos desnecessários, atividades inadequadas, métodos de trabalho ineficientes, padrões de qualidade indefinidos ou desajustados (Pereira, 2014).
- Fluxo contínuo: após a determinação do valor, e eliminadas eventuais fontes de desperdício, procede-se à criação de um fluxo contínuo entre as restantes atividades mantidas e consideradas essenciais no sistema produtivo (Pereira, 2014). Para se conseguir implementar um fluxo contínuo, ou seja, para que não ocorram esperas, tempos de inatividade ou desperdícios produtivos, é necessário conhecer todos os processos e diferenciar as atividades de valor acrescentado, das que não acrescentam valor (Nacional Council Research Canada, 2004).

- Implementar sistemas *pull*: o quarto princípio está relacionado com a altura em que é produzido, ou seja, apenas será produzido na altura certa e quando o produto é requisitado pelo cliente (produção puxada). Este tipo de produção contraria os sistemas tradicionais *push* (produção empurrada), que consiste na produção em grande quantidade com um grande grau de incerteza com base em previsões de vendas, e por vezes em quantidades superiores ao estritamente necessário, resultando em grandes *stocks* de produtos (Pereira, 2014).
- Perseguir a perfeição: uma empresa com pensamento “magro” visa a perfeição. O princípio assenta no gerenciamento da qualidade total de forma a remover sistemática e contínua as causas raízes da má qualidade, tendo como objetivo final de atingir zeros defeitos (Nacional Council Research Canada, 2004).

2.1.2 Diferentes tipos de desperdício

O desperdício é tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto, também denominados de “muda” pelos japoneses, sendo estes provenientes de qualquer atividade, seja humana ou outra desde que haja consumo de recursos (Shingo, 1989). Foram identificados sete tipos de desperdícios por *Shigeo Shingo*, como parte do sistema TPS, conforme apresentado na figura 2. A diminuição destes desperdícios é fundamental para alcançar a melhoria contínua geral do processo (Faria, 2009).

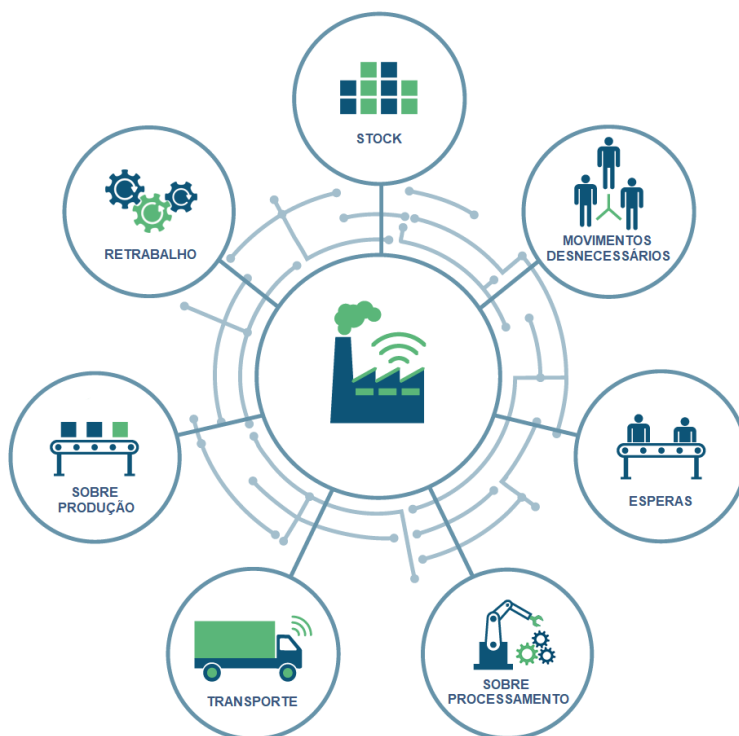


Figura 2 - Sete tipos de desperdícios.

Assim sendo, os sete principais desperdícios podem ser descritos da seguinte forma:

- Produção em excesso – Este desperdício ocorre principalmente sempre que se pretende que os equipamentos estejam a trabalhar no máximo da sua capacidade, originando um consumo de recursos e produção em excesso. Sendo assim, acaba-se por produzir o que não é necessário ou a mais do que é pedido. Existe, portanto, uma organização em fluxo “empurrado” (Prada, 2015).
- Stock – Sempre que uma empresa possui matéria-prima, inventário, Work in Process (WIP) e produto acabado, significa a existência de desperdício, uma vez que tem dinheiro empatado uma vez que os recursos encontrar-se-ão demasiado tempo nas suas instalações (Prada, 2015).
- Recuperação/Erros – Sempre que se produz com defeitos é considerado um desperdício de recursos e de tempo, já que o produto acaba sempre por ser rejeitado ou retrabalhado. Neste caso é aconselhado o incentivo dos trabalhadores ao autocontrolo, de forma a ser possível a identificação das causas dos defeitos o mais cedo possível (Prada, 2015).
- Movimento desnecessário – A movimentação excessiva e desnecessário de um operador, por exemplo, para abastecimento de matéria-prima ou para recolha de peças que estão longe do posto de trabalho. As movimentações devem ser restritas ao mínimo possível, seja com a utilização de *racks* de abastecimento ou até com a simples organização do posto de trabalho (Prada, 2015).
- Sobre processamento – Quando o processo produtivo não está normalizado, surgem operações repetidas, desnecessárias ou mal sequenciadas, ou seja, operações que não aportam valor acrescido ao produto e que devem ser reduzidas (Prada, 2015).
- Tempo de espera – Todas as empresas têm como objetivo a obtenção de uma maior produtividade dos seus operários, já que ter um operador parado é considerado um desperdício pois não produz. Este desperdício origina um elevado *lead-time* e é causado na maior parte das vezes por um incorreto balanceamento da linha de produção e/ou das operações a realizar (Prada, 2015).
- Transporte – Todas as deslocações de material de um sítio para outro, são atividades que não acrescentam valor apesar de serem frequentemente necessárias. Se não puder ser eliminada, deve-se tentar minimizar o máximo possível, recorrendo na maior parte das vezes a redefinições de *layout* ou até mesmo a mudança de meios de transporte (Prada, 2015).

Em todo o caso, mais recentemente, foi identificado um oitavo desperdício relacionado com um dos grandes problemas das empresas da atualidade que corresponde ao não aproveitamento do potencial humano (Pinto, 2014).

A filosofia *Lean* potencia o pensamento criativo dos trabalhadores, através da estimulação do potencial dos mesmos, admitindo que se trata de um ativo fundamental para as empresas. Assim sendo, é um fator de extrema importância para enfrentar as necessidades imprevisíveis dos atuais mercados, oferecendo às empresas a agilidade necessária para as enfrentar (Alves *et al.*, 2012).

2.1.3. Ciclo PDCA

O ciclo de PDCA foi idealizado por *Shewhart* em 1939, e apenas mais tarde tornou-se popular com a sua utilização no TPS, por intermédio de *Deming*, considerado um dos pioneiros do controlo da qualidade moderna (Monden, 1998). Sendo o ciclo PDCA uma metodologia com foco na melhoria contínua, através da resolução de problemas, pode ser utilizada para transformar ideias em ação e conectar a ação ao aprendizado, no entanto o uso do ciclo de forma eficaz, requer alguma disciplina e esforço (Langley *et al.*, 2009). O ciclo estabelece metas claras e cria um processo repetitivo de melhoria contínua. O ciclo PDCA é composto por 4 etapas, conforme apresentado na figura 3.

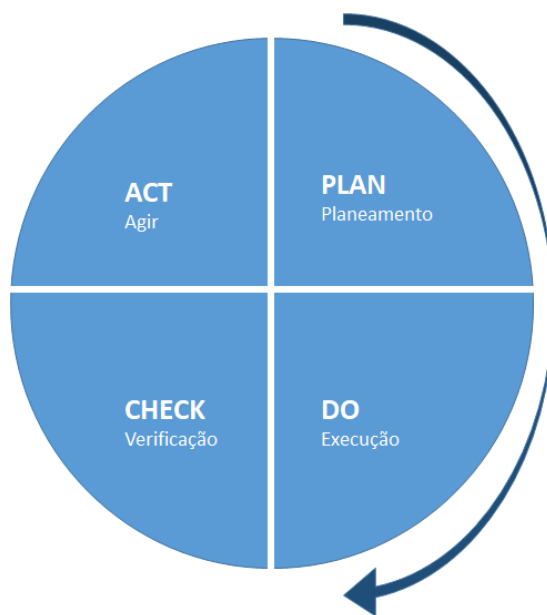


Figura 3 - Fases do ciclo PDCA.

A primeira etapa é o planeamento (*Plan*) que inclui: (1) a identificação e descrição do problema, a qual consiste na identificação e determinação com precisão o problema existente; (2) a análise do problema e do processo em estudo, com a intenção de recolha de dados; (3) a identificação e análise das causas, através de uma análise aos dados recolhidos; e finalmente (4) a realização do plano de ações a executar no próximo passo do ciclo (Almeida, 2015).

A segunda etapa do ciclo PDCA é a execução (*Do*). Após a realização da primeira etapa, avança-se para a realização do projeto conforme o plano de ações. Deve-se iniciar pelas implementações com maior impacto positivo, menor custo e maior facilidade de implementação, seguindo uma ordem

sequencial até às implementações com menor impacto e maior custo. Esta sequenciação pode ser realizada através da realização de *brainstormings*, matrizes de priorização e matrizes GUT. Matriz GUT (G – gravidade; U – urgência; T – tendência) é uma ferramenta muito utilizada na definição de prioridades de problemas e soluções. Finalizada esta fase é necessária a atribuição de tarefas e calendarização para a sua execução. Para além da execução, esta fase já comporta o início da recolha de dados para serem analisados posteriormente (Almeida, 2015).

A etapa seguinte é a verificação de resultados (*Check*) que, consiste na medição da eficiência da execução. Para isso, é necessária a monitorização e avaliação dos resultados das implementações executadas, através da comparação dos resultados obtidos com os resultados esperados e a situação antes das implementações (Almeida, 2015).

Por último, vem a última etapa designada por agir corretivamente (*Act*) que pode ser dividida em dois focos de trabalho. Sempre que os resultados medidos na verificação de resultados sejam os resultados esperados e pretendidos, o objetivo será padronizar (normalizar) o procedimento e oficializar a sua implementação. Sempre que a empresa pretenda a melhoria contínua, é iniciado novo ciclo PDCA com outro problema principal. Caso os resultados não sejam o esperado, terão de ser investigadas novas causas e tomar ações corretivas, com o estabelecimento de um novo plano de ações de forma a atingir o resultado esperado. Se chegarem à conclusão de que se está próximo do resultado pretendido, ações corretivas poderão ser realizadas ciclicamente com o intuito de melhorar pequenos pontos para apresentar o resultado (Almeida, 2015).

Em suma, o ciclo de PDCA é um meio de aprendizagem e ação. As três formas mais comuns de usar o ciclo como parte de um esforço de melhoria são para construir conhecimento, testar e implementar uma mudança (Langley et al., 2009).

2.1.4. Normalização do trabalho

Atualmente, as empresas procuram formas de melhorar a produtividade geral de forma a sobreviver em um mercado cada vez mais competitivo. O trabalho normalizado é uma metodologia usada para atingir esse objetivo e é definido como um processo de definição das instruções que ajudam a fazer um produto da maneira mais eficiente (Mor, Bhardwaj, Singh, & Sachdeva, 2017).

O trabalho normalizado, em terminologia inglesa significa *Standard Work* (SW), é uma ferramenta muito útil do paradigma da produção *Lean* para especificar padrões e estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo e para cada trabalhador, ajudando a reduzir desperdícios (Bragança & Costa, 2015). O trabalho normalizado pode ser considerado como o trabalho padrão, e consiste na descrição detalhada de tarefas elementares, a desempenhar pelo operador em cada posto de trabalho e com a indicação dos tempos de execução da melhor sequência possível.

O trabalho normalizado deverá ser aplicado sempre que o colaborador é novo no posto de trabalho; sempre que ocorre uma atualização significativa no trabalho padrão (como por exemplo, instruções de trabalho, esquema de tarefas elementares e tabela de combinação de tarefas); após o surgimento de um problema de qualidade criado pelo operador e sempre que o operador se ausenta do posto, por mais de 3 meses (Santos et al., 2015).

O trabalho normalizado tem como objetivo estabelecer o melhor método e sequência para cada processo e para cada trabalhador. As operações devem ser seguidas exatamente como são definidos sem espaço para improvisação. Frequentemente, o trabalho normalizado é referido como um padrão de trabalho inflexível (Bragança & Costa, 2015). É importante referir que o SW é constituído por três elementos chave (Lopes, 2012):

- O tempo de ciclo normalizado: consiste no tempo de ciclo para a produção de um produto desde o princípio ao final do seu processo produtivo;
- A sequência de trabalho normalizado: é o conjunto de tarefas que são sequenciadas e que representam a melhor e mais segura forma de executar o trabalho, e podem ser executadas pelo operador de forma repetitiva e consistente ao longo do tempo;
- O inventário WIP normalizado: representa a quantidade mínima de *stock* a manter para que seja possível assegurar a produção sem tempos improdutivos e com um fluxo contínuo.

Para implementar procedimentos de trabalho normalizado, deverão ser adotados os passos descritos na figura 4. Quando implementado, o SW poderá originar melhorias imediatas de desempenho na empresa, tais como aumento de produtividade e diminuição de prazos de entrega. A padronização do trabalho permite aos operadores melhorar a sua criatividade e empreendedorismo, dando-lhes uma referência com a qual poderão medir as suas próprias ideias de melhoria, assim como também é possível ter uma maior transparência interna, mais operadores envolvidos e disciplinados e um superior grau de atenção (Bragança & Costa, 2015).

a) Realizar um estudo preliminar

b) Elaborar um fluxograma do processo

c) Registrar medições para todos os itens necessários em cada processo

d) Organizar os resultados das análises

e) Estruturar, implementar e padronizar planos de melhoria para o processo

Figura 4 - Passos para uma implementação de processos de trabalho padronizado.

2.2. Metodologias do estudo e organização do trabalho

2.2.1. Estudo dos métodos

A implementação de métodos melhorados e com maior facilidade na sua execução, apenas é possível se for realizado um estudo detalhado do trabalho, de forma a obter informações específicas. O estudo dos métodos tem como objetivo tornar o trabalho mais económico/rentável, simplificar e/ou combinar tarefas, eliminar tarefas que não acrescentem valor, uniformizar/padronizar trabalho, facilitar a execução de tarefas, humanizar o trabalho, e para isso é necessário documentar processos e sistematizar a informação. Sendo assim, é necessário a análise de cada um dos passos sobre determinada operação no processo (Kanawaty, 1992).

O estudo dos métodos consiste em registar, analisar e examinar de maneira crítica e sistemática os métodos existentes de execução do trabalho e seguidamente em aperfeiçoar e aplicar métodos mais eficazes. São sete as etapas essenciais para a aplicação do estudo dos métodos e nenhuma delas pode ser eliminada. As etapas de implementação do estudo dos métodos são as seguintes:

➤ 1º Escolher (selecionar) o trabalho ou o processo a estudar:

Sempre que se procede a uma análise do trabalho deve-se ter em conta alguns cuidados, tal como ter em mente que o objetivo é a análise do método. Sendo assim a sequência da seleção do trabalho a avaliar implica (Barnes, 1977):

- Observação do trabalho;
- Observação da execução das tarefas para cada operador, caso a operação seja realizada por mais do que um operador;
- Anotação dos aspetos como hora/momento de início do estudo, paragens imprevistas ou avarias, pois estes apontamentos serão muito importantes na análise seguinte.

Na escolha do trabalho deve-se ter em atenção algumas considerações, tais como (Kanawaty, 1992):

- Considerações económicas (trabalho demasiado dispendioso; trabalho que envolve materiais ou processos dispendiosos; operações repetitivas; pontos de estrangulamento; deslocamentos importantes de materiais).
- Considerações técnicas ou tecnológicas (tarefas demasiado longas; tarefas muito complexas; tarefas exigentes a nível técnico/tecnológico).
- Considerações Humanas: (questões ergonómicas; esforço físico ou psíquico; monotonia, insegurança, descontentamento, etc).

➤ 2º Registrar todos os factos relativos ao método atual por observação direta:

Nesta fase deve-se efetuar o registo em documento apropriado das operações e dos pormenores (sequências, tempos e distâncias). Além disso, deve-se registar todas as atividades produtivas, sendo para isso necessário obter uma visão conjunta do processo, de modo a entendê-lo e compreender os problemas. Poderá ser mais vantajoso, se desde início se identificarem as áreas com maior potencial de melhoria, pois são as que necessitam de maior brevidade na intervenção. Nesta fase do estudo dos métodos procede-se à recolha (registo) de dados relevantes ao processo em estudo, seguindo-se uma análise dos dados (informação). O registo efetuado e a respetiva análise de dados irão permitir uma melhor explicação das atividades e movimentos no trabalho em estudo, para isso, é essencial que a recolha dos dados seja realizada o mais perto possível da fonte, devendo recorrer-se ao tratamento e sistematização da observação. Esta análise tem como intuito garantir que a utilização dos recursos é feita da forma mais efetiva possível (Ferreira, 2017).

O registo do método pode efetuar-se através de diagramas, fluxogramas, gráficos de análise de processo, gráficos de sequência, gráficos de atividades múltiplas, folha de análise descritiva, registos de fotografia, vídeo e áudio (Barnes, 1977). O fluxograma é uma ferramenta gráfica que identifica as diferentes partes e etapas do processo, tendo como objetivo entender o processo global de funcionamento. A aplicação desta ferramenta traz algumas vantagens, tais como: a organização pormenorizada do trabalho de cada operador; o aumento da produtividade do sistema produtivo e o aumento da qualidade dos produtos pela redução de falhas. Para a elaboração de um fluxograma, deverão ser cumpridas um conjunto de regras, de acordo com a figura 5 (Ferreira, 2017).

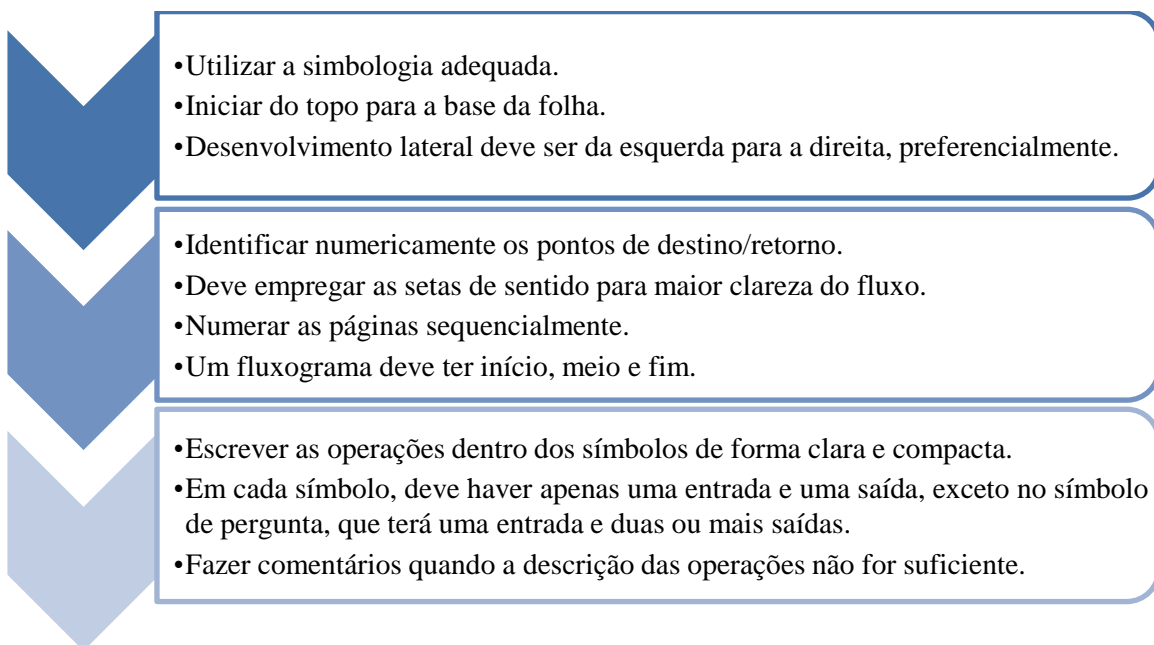









Figura 5 - Regras necessárias na elaboração de fluxograma.



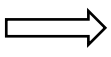


O fluxograma é uma representação de um processo que utiliza uma simbologia específica conforme apresentado tabela 1, a qual é usada para descrever passo a passo a natureza e o tipo de fluxo deste processo.

Tabela 1 - Simbologia utilizada para a elaboração de fluxograma.

Símbolo	Descrição
	Início ou fim.
	Processo.
	Tomada de decisão.
	Direção de fluxo.
	Operação manual.
	Documento utilizado no processo.
	Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto noutro círculo, com a mesma designação.

Um gráfico de processo é um gráfico que indica as operações, transportes, esperas, etc., a que dá origem ao processamento de um produto ou de uma das suas partes, seguidas no seu circuito, sendo todas as atividades registadas por meio de símbolos apropriados, indicados na tabela 2.

Tabela 2 - Simbologia utilizada para a elaboração de gráfico de processo.

Símbolo	Descrição
	Operação: algo que está realmente a ser executado, pode ser num produto, alguma atividade de apoio ou qualquer coisa que seja diretamente produtiva por natureza.
	Inspeção: o objeto de estudo é verificado quanto à qualidade.
	Transporte: o objeto de estudo (produto, serviço ou pessoa) desloca-se de um local para outro.
	Espera: o objeto de estudo tem de esperar antes de se iniciar a fase seguinte do processo.
	Armazenagem: o objeto de estudo está armazenado.

➤ 3º Examinar os factos com espírito crítico:

Sendo o objetivo do estudo dos métodos o aumento da proporção de operações que acrescentam valor, estas são as únicas ações que promovem a transformação progressiva do estado de matéria-prima até ao estado de produto acabado. Na análise, deverão ser postas em causa em primeiro lugar as atividades não produtivas, nelas incluindo o armazenamento e as esperas. Para isso, deve ser feito um exame crítico/interrogativo por parte do observador, que consiste em submeter cada atividade a uma série sistemática de questões, através de um inquérito técnico que assenta nas questões fundamentais, apresentadas na tabela 3. Esta corresponde à primeira fase do método interrogativo, e consiste em interrogar e procurar justificação de modo a poder planificar alternativas ao método de trabalho atual (Barnes, 1977).

Tabela 3 - Questões para a 1ª fase do método interrogativo.

Objetivo	O que é? (o que é que se faz?)
	Porquê? (a atividade é necessária?)
Local	Onde? (em que local é executada?)
Sequência	Quando? (quanto é feita?)
Pessoas	Quem? (quem faz?)
Meios	Como? (com que meios?)

Terminada a 1.ª fase, as respostas às questões iniciais constituem o ponto de partida de uma nova fase para a introdução de melhorias através das questões secundárias, demonstradas na tabela 4 (Ferreira, 2017). É fundamental que as questões sejam realizadas por esta ordem e de forma sistemática, pois constituem a base do êxito do método.

Tabela 4 - Questões para a 2ª fase do método interrogativo.

Objetivo	O que mais pode ser feito?
	O que deveria ser feito?
Local	Porquê este local?
	Existem alternativas?
	Onde?
Sequência	Quando é que poderá ser feito?
	Quando é que deverá ser feito?
Pessoas	Quem mais poderá fazer este trabalho?
	Quem deveria fazê-lo?
Meios	Porque é que é feito desta maneira?

➤ 4º Estabelecer (desenvolver) novo método:

Na identificação do novo método deve-se proceder à identificação dos desperdícios resultantes do mau planeamento do processo, do método ou do produto. Deve questionar o que aconteceria se alguns desses processos fossem eliminados, e que alterações isso provocaria e, sempre que possível, eliminá-lo (Barnes, 1977). Nesta fase deve ter-se em conta a possibilidade da identificação de diversas melhorias, como as apresentadas na figura 6.

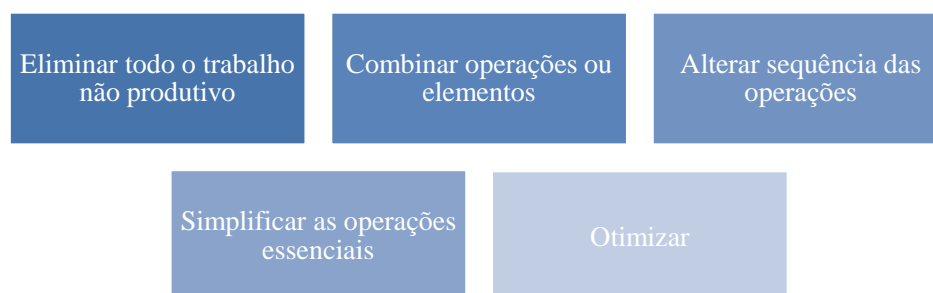


Figura 6 - Possíveis melhorias obtidas através da examinação dos fatos.

Parte-se do princípio de que o novo método de trabalho pressupõe a eliminação de pontos de ineficiência detetados, utilizando o mínimo de recursos materiais e financeiros. Este novo método deve ser transmitido de forma clara e eficiente às chefias e colaboradores envolvidos na sua implementação (Ferreira, 2017).

➤ 5º Fazer adotar (estabelecer) o novo método:

Após a apresentação do novo método, segue-se a implementação, e assumindo que este resolve os problemas/necessidades identificados, deve-se, contudo, ser sempre realista. Assim, a definição do plano de implementação do novo método pressupõe: (1) a definição dos objetivos de desempenho a atingir com o novo método; e (2) a calendarização das ações e dos resultados (Barnes, 1977).

➤ 6º Monitorizar a aplicação do novo método por um controlo regular e sistemático:

Sempre que se verifica a implementação de um novo método, este deverá ser avaliado comparando-o sempre com o método antigo e com o nível previsto para os indicadores de desempenho.

Estas etapas são essenciais na aplicação do estudo dos métodos e nenhuma delas pode/deve ser eliminada. Não se deve deduzir da simplicidade aparente deste método fundamental, que o estudo dos métodos é uma operação fácil e sem importância (Kanawaty, 1992).

2.2.2. Estudo dos tempos

O estudo dos tempos permite a racionalização dos métodos de trabalho do operário e a fixação dos tempos padrão para a execução das tarefas. Alguns dos principais objetivos do estudo de tempos os objetivos apresentados na figura 7 (Ferreira, 2017).

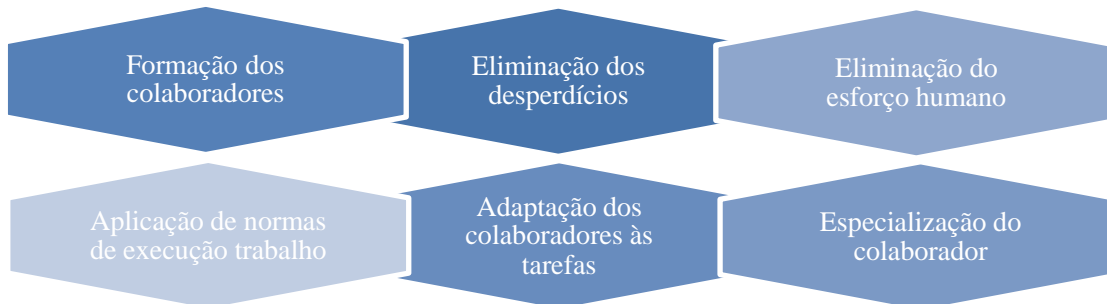


Figura 7 - Objetivos do estudo de tempos (Ferreira, 2017).

O estudo de tempos é uma técnica de medida do trabalho que possibilita registrar os tempos e as demais condições de execução de uma dada tarefa, analisar os dados recolhidos de modo a obter-se o tempo de execução a um nível de rendimento bem definido (Ferreira, 2017). Existem diversas técnicas de estudo dos tempos para obtenção de tempos-padrão, entre os quais:

- Dados históricos ou tempos informais;
- Amostragem do trabalho;
- Cronometragem de tempos;
- Tempos pré-determinados.

Dada a relevância da técnica de cronometragem na implementação do projeto de dissertação, esta será explicada de forma mais extensiva.

2.2.2.1 Técnica de cronometragem

A técnica de cronometragem possibilita a seleção e registo de tempos do operador e da operação, permitindo a identificação e registo claro das condições iniciais. Esta informação pode ser essencial para determinar se houve alguma alteração do processo que imponha uma revisão do tempo padrão (Pike, 1964). De forma a utilizar esta técnica, é necessário dividir a operação em tarefas elementares, registar os tempos observados, muitas vezes recorrendo a um cronómetro. Também é essencial determinar o número de ciclos a medir para o nível de precisão e confiança exigidas, além dos tempos observados.

Inicialmente são efetuadas algumas medições preliminares (n') de todas as tarefas a serem desenvolvidas, e dependendo da extensão das tarefas, as medições podem ser expressas em diferentes unidades de tempo. Efetuadas as medições preliminares, procede-se com a determinação da dimensão da amostra (número de cronometragens necessárias). Com base nos valores observados preliminares é então determinado o valor médio, \bar{x} , desvio padrão, S , de acordo com a equação (1), em que x representa o tempo de cada medição (Ferreira, 2017).

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n'}}{n' - 1}} \quad (1)$$

Em Engenharia, aplicando esta metodologia com a determinação das observações preliminares, é necessário definir o nível de confiança aplicado, assim como a margem de erro de para determinar a dimensão da amostra que pode ser calculada através da equação (2):

$$n = \left(\frac{z\bar{x}S}{h\bar{x}} \right)^2 \quad (2)$$

onde n corresponde ao número total de observações a efetuar e z o intervalo a assumir para o nível de confiança selecionado. Esta metodologia é muito importante para determinar o valor do tempo médio representativo para cada elemento do trabalho (Barnes, 1977). Após a determinação das medições que seriam necessárias efetuar para cada tarefa, procede-se à cronometragem das mesmas, obtendo-se posteriormente a média.

2.2.2.2 Determinação do tempo normalizado e tempo *standard*

Por norma, é atribuído um ritmo de trabalho ao operador, com vista à determinação do tempo normalizado. O desempenho dos colaboradores é observado para perceber qual a produção diária que deveria ser esperada de cada colaborador (ou considera-se uma determinada produtividade exigida pela gestão). Assim, a determinação do tempo normalizado obtém-se através da multiplicação do tempo observado (TO) pelo Fator de Atividade (FA) atribuído pelo observador, face à cadência correspondente a um desempenho de 100%. A atribuição de um FA ao colaborador pretende extrapolar os resultados obtidos (da observação e medição de um colaborador em particular), obtendo assim um padrão para o qual uma escala numérica apoia a comparação da cadência de trabalho com a “norma” (Kanawaty, 1992).

Deverá ser atribuído um fator de desempenho do trabalhador para cada atividade/tarefa. Sendo assim, o agente de estudo do trabalho, além de efetuar x cronometragens das quais obteve os valores médios de tempo observado das medições significativas, infere sobre o desempenho dos trabalhadores (Ferreira, 2017).

O julgamento da atividade considera-se então uma avaliação do ritmo de trabalho de um determinado executante, sendo o seu desempenho comparado com aquilo que se chama de atividade de referência e que corresponde à cadência ou atividade normal que serve de base de comparação à velocidade efetiva de trabalho do executante (equivalente a 100%) (Ferreira, 2017). Assim sendo, o tempo normalizado, TN_i , de cada elemento pode ser determinado pela equação (3):

$$TN_i = \frac{TO \times FA}{AR} \quad (3)$$

Destacam-se dois métodos para definir o valor de FA por parte do avaliador (Sevikan & Kilic, 2016):

- (1) Escalas de referência de desempenho, que apresentam os níveis de avaliação subjetiva do desempenho de atividade do colaborador, tabela 5;
- (2) Método *Westinghouse*, avaliação subjetiva do desempenho com base em três categorias: destreza, eficiência e aplicação física, tabela 6.

Na escala de referência de desempenho considera-se que se $FA < 100$, a cadência de execução do trabalhador não atinge o nível padrão; se $FA > 100$, o ritmo do colaborador excede o nível normal. O tempo normal representa o tempo que seria necessário para efetuar o elemento de trabalho (a partir do julgamento do observador), se o colaborador trabalhar com uma atividade normal e não à velocidade mais rápida ou mais lenta que foi efetivamente observada (Sevikan & Kilic, 2016).

Tabela 5 - Avaliação subjetiva do desempenho e avaliação da atividade do colaborador com base em Escalas de referência de desempenho (Sevikan & Kilic, 2016).

Qualificação do desempenho do operador na execução da atividade	FA (%)
Atividade nula.	0
Atividade muito lenta (movimentos inábeis e hesitantes, executante desinteressado e adormecido).	50
Atividade compassada (aparentemente lenta, mas sem desperdício de tempo, ritmo de um trabalho não remunerado à peça).	75
Gestos vivos e precisos de um trabalhador.	100
Atividade muito rápida (segurança, destreza e coordenação de movimentos superior à de um trabalhador médio experiente).	125
Atividade excepcionalmente rápida (tarefa executada por perito, ritmo que não pode ser mantido por muito tempo).	150

Com base na escala de *Westinghouse*, se o desempenho é superior ao esperado (> 0), podem ser atribuídos dois níveis de desempenho (+3 e +6 pontos). Caso o desempenho seja inferior ao esperado (< 0), são atribuídos três níveis de desempenho (-2, -4 e -8 pontos) sempre que aplicável.

Seguidamente, os pontos são contabilizados e os pontos resultantes são adicionados ao FA, onde o fator de atividade é corrigido: $FA = 100 + \text{pontos}/100$. Após a determinação do valor de FA, determina-se de igual forma o tempo normalizado (Sevikan & Kilic, 2016).

Tabela 6 - Avaliação subjetiva do desempenho com referência á escala de *Westinghouse*.

Categorias	Atributos e códigos respetivos	Valores nível de desempenho				
		Superior		Esperado	Inferior	
		++	+		-	--
Destreza	D1 Habilidade demonstrada na utilização do equipamento, ferramentas e montagem de peças.	6	3	0	2	4
	D2 Certeza do movimento.	6	3	0	2	4
	D3 Coordenação e ritmo.	6	2	0	2	4
Eficiência	E1 Habilidade demonstrada para substituir e alcançar ferramentas e peças com precisão e automatismos.	6	3	0	2	4
	E2 Capacidade demonstrada para simplificar, eliminar, combinar ou encurtar os movimentos.	6	3	0	4	8
	E3 Capacidade em utilizar ambas as mãos com igual facilidade.	6	3	0	4	8
	E4 Capacidade demonstrada para reduzir os esforços ao trabalho realmente necessário.	n.a.	n.a.	0	4	8
Aplicação física	A1 Cadência de trabalho.	6	3	0	4	8
	A2 Atenção, grau de concentração.	n.a.	n.a.	0	1	4

“n.a. – não aplicável”

Na determinação do tempo de execução da tarefa, deverá estar contemplado um complemento de tempo para permitir ao executante repousar. Estes complementos temporais adicionados ao tempo normal irão substituir o tempo *standard* (TS). Assim, pode definir-se como TS o tempo normalizado ao qual se adicionam os complementos de tempo relacionados com fadiga ou necessidades pessoais, resultando num fator de tolerância (FT). Poderá ser determinado o fator FT, mas também pode ser assumido como sendo uma percentagem usualmente não superior a 15% do tempo de ciclo. A equação (4) apresenta a expressão para determinação de TS (Sevikan & Kilic, 2016).

$$\text{Tempo standard} = \frac{\sum TN_i}{1 - FT} \quad (4)$$

2.3. Medidas de desempenho

2.3.1. Produtividade

A produtividade é a relação quantitativa entre os *outputs* e os recursos usados para obtê-los, ou seja, a relação aritmética da quantidade produzida (saída) para a quantidade de recursos (entrada). A produtividade de uma empresa industrial é uma medida que avalia a eficiência do seu sistema de produção, isto é, define quais e quantos fatores de produção foram utilizados para fabricar uma determinada quantidade de produtos. Os fatores de produção podem ser recursos materiais (equipamentos, matérias-primas, capital, energia) como recursos humanos (número de horas e quantidade de mão-de-obra). A produtividade aumenta à medida que se vão obtendo produções maiores com as mesmas quantidades de fatores produtivos, isto é, este indicador constitui uma medida de poupança conseguida nos fatores utilizados para realizar determinada tarefa (Kanawaty, 1992). Assim de uma forma geral a produção é a quantidade de produtos fabricados ou valor monetário destes, sendo a produtividade calculada de acordo com a equação (5):

$$Produtividade = \frac{Output}{Input} \quad (5)$$

A produtividade resulta da relação entre o volume de produção (*output*) e o volume de um fator de produção necessário para a obter (*input*) num período específico. Existem várias causas que influenciam a produtividade do trabalho como por exemplo: as infraestruturas; as economias de escala; a organização empresarial; as mudanças de tecnologia e a eficiência do trabalhador (Wirndahl et al., 2015). O fator humano é por si só aquele que pode levar ao fracasso ou ao êxito deste indicador. Não é pelo facto de existir maior rapidez que existirá maior produtividade, mas sim conseguir obter o mesmo valor do produto através da economia de recursos (Faria, 2009).

2.3.2. “Takt Time” e tempo de ciclo

A procura é geralmente representada em termos de *Takt Time*, que mais precisamente nos diz de quanto em quanto tempo o mercado pede em média uma unidade do produto em causa, durante o período de produção. Enquanto o *Takt Time* é imposto pelo mercado (equação (6)), o tempo de ciclo é resultado do sistema produtivo em causa e traduz-se pela expressão definida pela equação (7), em função do *takt time* e do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Gomes & Corrêa, 2017).

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Procura cliente}} \quad (5)$$

$$\text{Tempo de ciclo} = Takt\ Time \times OEE \quad (6)$$

Sempre que se verifique um tempo de ciclo superior ao *Takt Time*, não é possível produzir conforme a procura do cliente, ocorrendo atrasos no sistema produtivo. Na possibilidade de ocorrer o inverso, o *Takt Time* for maior que o tempo de ciclo, ocorrerá o excesso de produção (desperdício). O ideal é que o tempo de ciclo e o *Takt Time* correspondam a valores próximos para a máxima rentabilização dos recursos (Pinto, 2014).

2.3.3. Overall Equipment Effectiveness

O OEE é o indicador que destaca a eficácia geral de uma unidade produtiva (máquina, equipamento, célula, linha e fábrica), de forma a identificar e controlar se não for possível eliminar os fatores que influenciam negativamente a sua funcionalidade (Faria, 2009). Este resulta da seguinte expressão de cálculo apresentado na equação (8):

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (7)$$

A disponibilidade é o fator que relaciona o tempo total disponível para produção com o tempo efetivo de produção do equipamento. O tempo efetivo de produção tem em conta as perdas por paragem devido a avaria e tempos de *setup* (Gomes & Corrêa, 2017). A disponibilidade pode assim ser calculada considerando o tempo programado para a produção e as paragens ocorridas, conforme apresentado na equação (9):

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo disponível} - \text{Tempo paragens}}{\text{Tempo disponível}} \times 100 \quad (8)$$

Quanto ao fator do desempenho (equação (10)), relaciona a quantidade produzida com a quantidade que o equipamento deveria ter produzido. São contabilizadas as perdas por produção insuficiente e por paragens (Pinto, 2016).

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{n.º unidades produzidas}}{\text{Tempo operação}} \times 100 \quad (9)$$

A qualidade é o terceiro fator (equação (11)), o qual relaciona o número de unidades produzidas com aquelas que cumprem os *standards* de normalização. As perdas contabilizadas são as perdas por defeito e retrabalho, assim como as perdas de arranque do equipamento (Pinto, 2016).

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{n.º unidades produzidas} - \text{n.º unidades defeituosas}}{\text{n.º unidades produzidas}} \times 100 \quad (10)$$

3. Apresentação da empresa

Neste capítulo pretende-se apresentar uma caracterização da empresa VEP, de forma a enquadrá-la no respetivo setor empresarial. Serão abordados tópicos como a identificação e localização da empresa, a história do grupo *Vishay Intertechnology Inc*, a estrutura organizacional, a área de negócio em que a empresa está inserida, os seus produtos e os principais clientes e mercado.

3.1. Identificação e localização da empresa

A VEP é fabricante de condensadores de filme desde 1969, com origem na empresa *Roederstein* pertencente ao grupo alemão com o mesmo nome. A VEP é uma sociedade por quotas sediada em Vila Nova de Famalicão, distrito de Braga, com uma unidade fabril de 18.000 m². Nas figuras 8 e 9 são apresentadas fotografias panorâmicas da empresa VEP.



Figura 8 – Vista aérea da totalidade das instalações da VEP Portugal (VEP, 2019).



Figura 9 – Vista da unidade fabril VEP Portugal. (VEP, 2019).

3.2. História, missão e valores da empresa

A VEP pertence ao grupo *Vishay Intertechnology Inc.*, e tem como foco produtivo o fabrico de componentes eletrónicos. Fundada em 1962 pelo Dr. *Felix Zandman*, a *Vishay Intertechnology Inc.* tem o nome da aldeia de onde era natural, em memória dos membros da família que faleceram no Holocausto. Em 1985, depois de ter crescido a partir de uma *start-up*, tornou-se líder mundial no fabrico de resistências de folha e medidores de deformação. A empresa iniciou uma estratégia contínua de aquisições para se tornar num fabricante de ampla linha de componentes eletrónicos. Atualmente, a *Vishay Intertechnology Inc.*, cujo logotipo é apresentado na figura 10, é um dos maiores fabricantes mundiais de semicondutores discretos e componentes eletrónicos passivos (Martins, 2017).



Figura 10 - Logotipo da empresa (VEP, 2019).

Em 1984 a *Vishay Intertechnology Inc.* passou a ser uma empresa cotada em bolsa, e em 1993, adquiriu o grupo *Roederstein* com mais de 7 fábricas espalhadas por todo mundo, sendo a VEP a única fábrica em Portugal.

A VEP, líder em tecnologia durante cinco décadas está bem posicionada para fornecer componentes para os novos mercados de crescimento macroeconómicos, tais como conectividade, mobilidade e sustentabilidade. Atualmente a VEP foca-se no aumento dos recursos para a investigação e desenvolvimento, engenharia de processos, marketing do produto e na força de vendas técnicas de forma a gerar um fluxo constante de componentes inovadores para ajudar os *designers* a criar gerações de produtos finais (Martins, 2017).

Apesar de a *Vishay Corporate* utilizar canais próprios como forma de distribuição e venda ao cliente final, a sua produção é exclusivamente para exportação. A aposta forte da VEP reside nos produtos chamados *commodities* uma vez que não é o número de condensadores que influencia o volume de vendas, mas sim os condensadores de maior valor acrescentado (Martins, 2017).

O Grupo *Vishay Intertechnology Inc.* tem fábricas espalhados por todo o mundo, de acordo com a figura 11.

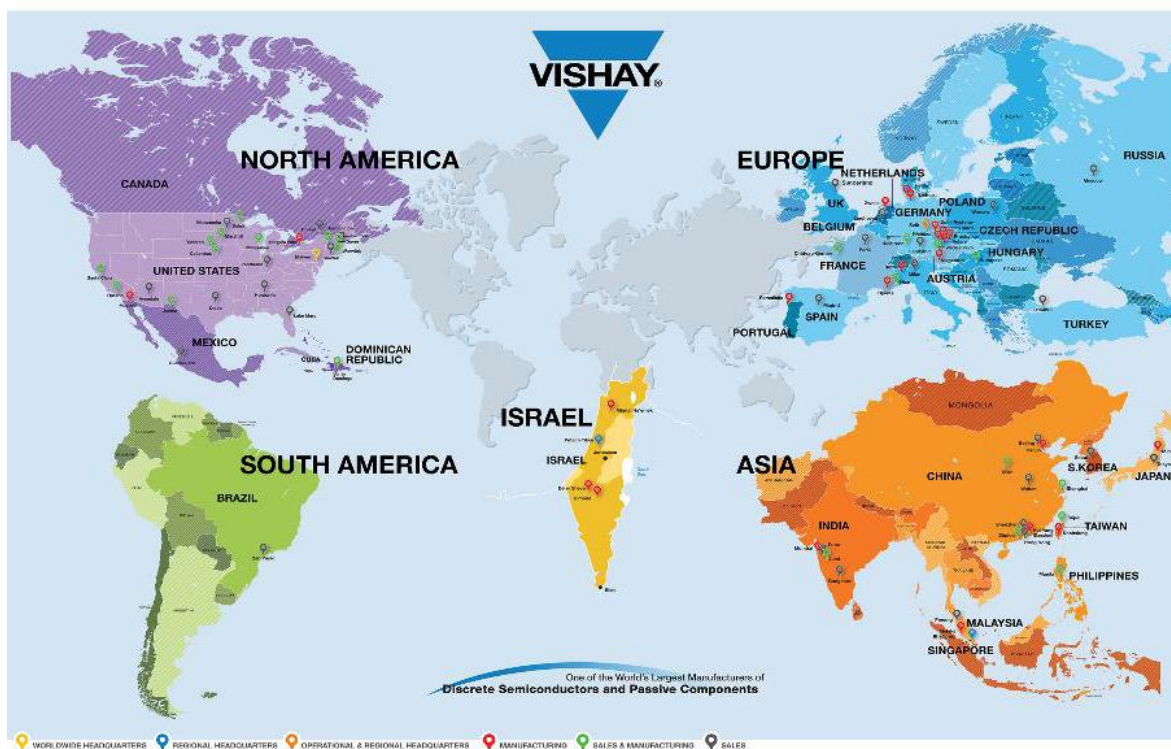


Figura 11 - Localização das fábricas do grupo no mundo (VEP, 2019)

3.3. Estrutura organizacional

Em termos de estrutura organizacional, a empresa VEP pode ser dividida em duas principais áreas:

- (1) Área operacional;
- (2) Área administrativa.

Na área operacional existem os departamentos de produção, qualidade, compras, planeamento, manutenção, engenharia de processo e desenvolvimento do produto. Na área administrativa incluem-se os recursos humanos, financeiro, tecnologias de informação, logística e marketing. A estrutura organizacional da VEP está representada na figura 12, considerando os departamentos funcionais das áreas operacional e administrativa.



Figura 12 - Identificação da estrutura organizacional da empresa VEP, considerando os departamentos funcionais das áreas operacional e administrativa.

3.4. Posicionamento no mercado

Ao longo dos anos o Grupo *Vishay* conseguiu conquistar o mercado globalizado, uma vez que todos os seus produtos são adquiridos por grandes indústrias nas suas unidades de produção.

Os produtos de maior valor acrescentado já têm uma expressão algo considerável no volume total de produção dos condensadores, sendo os que proporcionam maiores margens de lucro na empresa. Nos últimos anos, a tendência é procurar uma maior afirmação no mercado mundial, através do crescimento do portfólio de produtos “especiais”, apostando cada vez menos nos produtos *commodities*, libertando recursos para fazer crescer esta nova área de negócio (Martins, 2017).

De uma forma resumida, os produtos da VEP destinam-se aos mercados identificados na tabela 7. Estes mercados incluem o desenvolvimento de componentes para a eletrónica industrial, para a indústria automóvel, área dos dispositivos médicos de controlo, telecomunicações e aplicações para o setor doméstico.

Tabela 7 - Mercados alvo e exemplos de produtos (VEP, 2019).

Descrição	Exemplo
Eletrônica Industrial: Energias renováveis, máquinas industriais.	
Indústria Automóvel: Veículos elétricos/híbridos, pequenos motores elétricos.	
Consumidor: Aplicações domésticas, iluminação.	
Telecomunicações: Infraestruturas, ADSL.	
Indústria na área de saúde: Equipamentos de medição e testes.	

Os produtos fabricados são destinados maioritariamente para grandes empresas e grandes distribuidores no mercado da eletrônica. Na figura 13 é possível observar os principais clientes da VEP, onde estão incluídas empresas como a Continental, *Bosch*, *Siemens*, entre outros.



Figura 13 - Principais clientes da empresa (VEP, 2019).

3.5. Produtos

A produção encontra-se dividida em duas grandes áreas, nomeadamente a dos componentes passivos e área dos semicondutores ativos. Os componentes passivos representam 46% do seu volume de vendas e é nesta área de negócio que a VEP se insere, sendo uma unidade de negócio mais estável com produtos de ciclo de vida de média a longa duração. Os semicondutores ativos representando cerca de 54% do volume de negócios, têm como principais características o seu desenvolvimento altamente tecnológico e o seu ciclo de vida curto (Martins, 2017).

O mercado da eletrónica é muito exigente na qualidade, performance e fiabilidade do produto, sendo fatores essenciais para a VEP. Na figura 14 estão expostos alguns dos produtos fabricados pela empresa VEP.

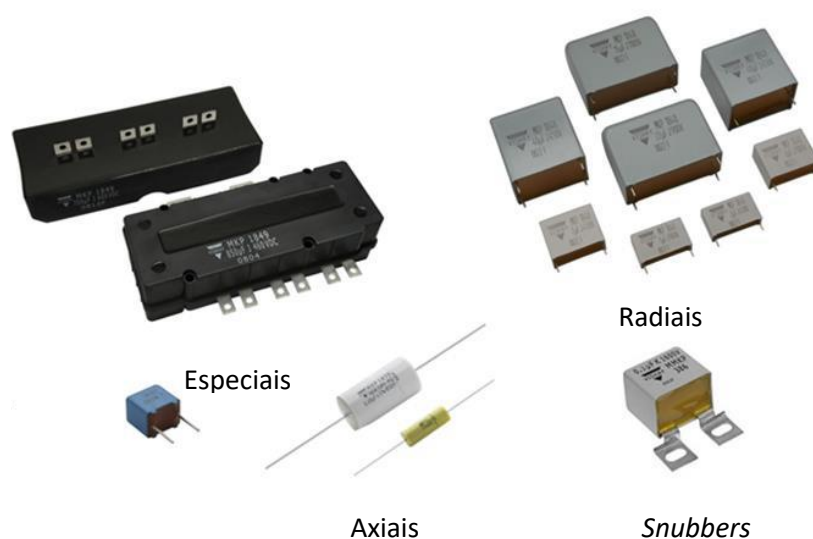


Figura 14 - Produtos fabricados pela VEP (VEP, 2019).

3.6. Caracterização do processo e fluxo produtivo

A VEP produz condensadores de filme, sendo estes o principal foco deste trabalho. O processo produtivo é realizado em quatro seções, nomeadamente a de bobinagem, pré-montagem, montagem e ensaio.

Um condensador tem uma função semelhante a uma bateria - armazenar energia elétrica. A diferença é que o condensador descarrega toda a sua capacidade numa fração de segundos, tornando-o perigoso para algumas aplicações, dada a rapidez de descarregamento. Em casos extremos, pode ferir de forma permanente os utilizadores (Martins, 2017). Os condensadores de filme são constituídos por dois elétrodos de placas metálicas que são separados por um isolante de filme como poliéster ou polipropileno, denominado dielétrico (Lima, 2015).

Um condensador de filme é maioritariamente constituído por cinco componentes: fita metalizada, metalização, terminais, resina isolante e copo. Na tabela 8 são especificados os diferentes tipos de materiais usados nos diferentes componentes de um condensador.

Tabela 8 - Materiais utilizados na produção de condensadores de filme (Lima, 2015).

Componente	Material
1) Copo de plástico	Polibutileno
2) Resina isolante	Resina epóxi
3) Metalização no topo da bobina	1ª camada – Alumínio (Al) 2ª camada – liga de cobre e estanho (SnCu ₃)
4) Filme	Filme de poliéster metalizado
5) Terminais	Cobre revestido a estanho

3.6.1. Processo de bobinagem

O processo da bobinagem é a primeira etapa na produção de um condensador, e consiste na produção de bobinas (figuras 15 e 16).

A bobina é constituída por duas matérias-primas, fita e etiqueta. Existem condensadores com uma ou mais bobinas em função do tipo de condensador, e o tamanho dependerá do número de espiras ativas (voltas da fita) e da especificação do produto que se pretende (Martins, 2017). Assim que as bobinas são produzidas, são encaminhadas para a fase seguinte apelidada de pré-montagem.

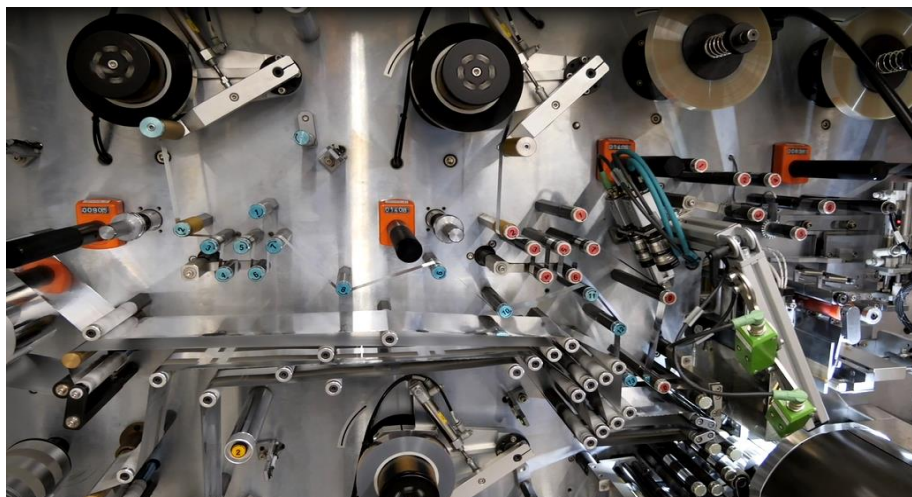


Figura 15 - Máquina de bobinagem.



Figura 16 – Bobinas para os condensadores.

3.6.2. Processo de pré-montagem

Nesta seção procede-se à prensagem, envolvimento, metalização, descintagem e o tratamento de tensão das bobinas. A VEP apresenta dois tipos de condensadores, os radiais, quando a bobina é prensada, ou axiais em que a bobina apresenta uma forma redonda.

Prensagem

A prensagem das bobinas consiste na aplicação de uma força pré-definida, pela utilização de uma prensa, e por um determinado período de tempo para eliminar o ar do interior e dotar a bobina com a forma pretendida. Este processo é ilustrado na figura 17.

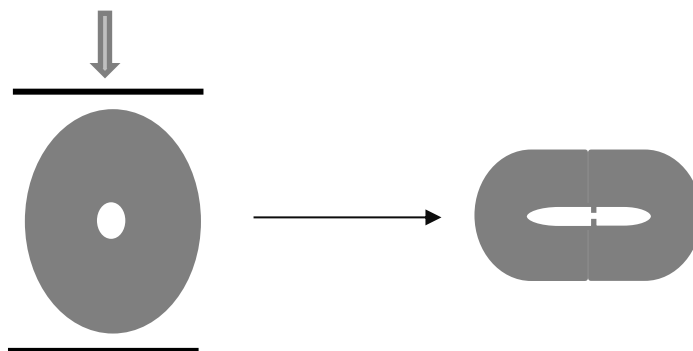


Figura 17 - Esquema representativo da prensagem.

Envolvimento

Logo após a prensagem, as bobinas são envolvidas em papel e colocadas em um suporte próprio, necessário para a fase seguinte, a metalização. O envolvimento em papel permite a proteger a bobina e tem como objetivo permitir apenas a metalização dos topos da bobina, ou seja, impede a deposição de partículas metálicas nas laterais (figura 18).

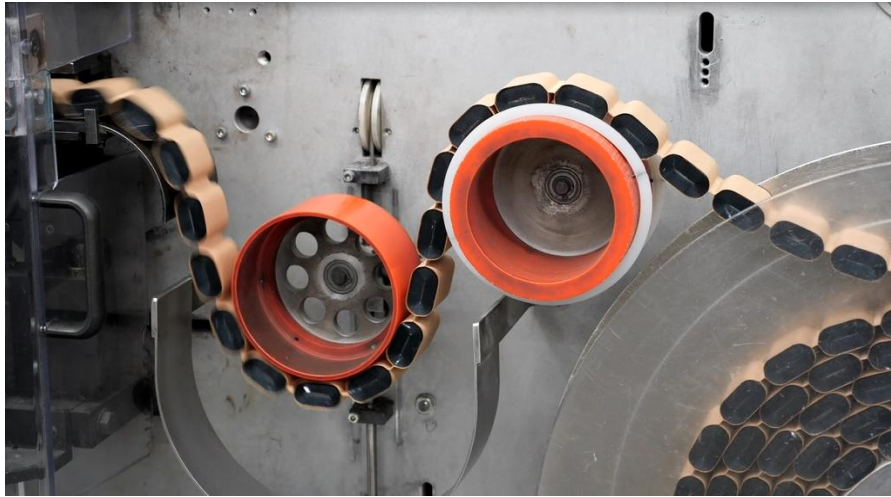


Figura 18 - Máquina de envolvimento.

Metalização

A metalização das bobinas consiste na aplicação de um metal (tabela 8) no topo da bobina. Este processo possibilita o contato elétrico entre a bobina e os terminais (figura 19).

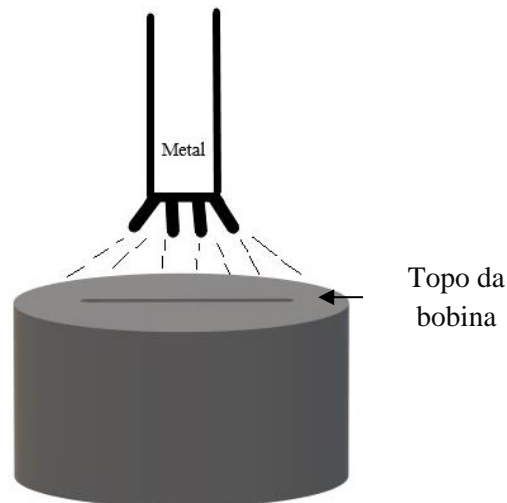


Figura 19 - Esquema representativo da metalização.

Descintagem/Limpeza das bobinas

Finalizada a metalização, as bobinas seguem para a temperagem (estabilização do dielétrico do polímero), seguindo depois para a seção de descintagem/limpeza. A descintagem das bobinas consiste na remoção do papel de envolvimento e na eliminação de rebarbas de metalização (caso se verifiquem), através da limpeza da superfície das bobinas com um pano e/ou um aspirador. Este processo evita assim posteriores falhas elétricas após o processo de pós-estabilização.

Tratamento de tensão

Após a descintagem, segue-se o processo de tratamento de tensão das bobinas (figura 20), que tem como objetivo a verificação da resistência quando expostas a elevadas cargas elétricas. Após o tratamento de tensão as bobinas seguem para a estabilização, de onde seguem para a montagem.

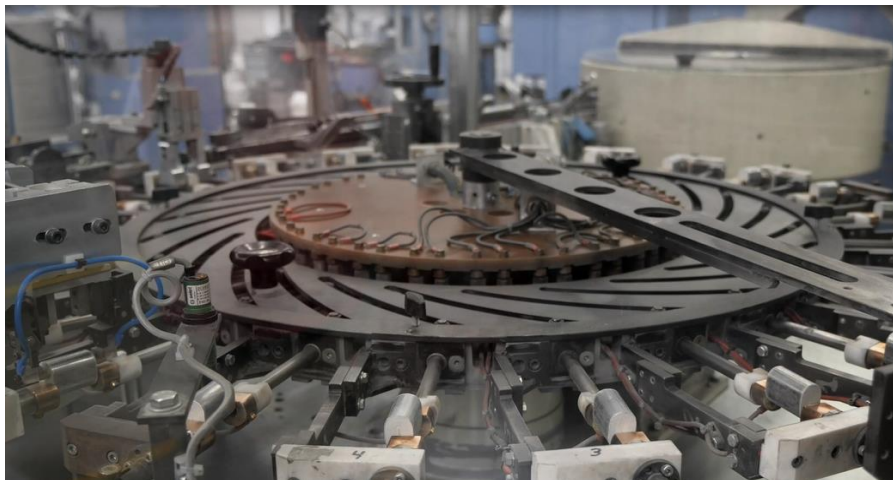


Figura 20 - Máquina de tratamento de tensão.

3.6.3. Processo de montagem

A seção de montagem é composta por vários processos, desde o corte de redes e de isolamento, estanhagem de redes, pré-estanhagem de terminais, montagem dos terminais com o isolamento, laminação, soldadura das redes às bobinas e soldadura das redes ao terminal, e por fim montagem e enchimento do condensador.

Corte de redes e de isolamento

O corte de redes consiste no recorte de duas redes com as dimensões em função do tipo de condensador, que posteriormente, farão a ligação entre as bobinas e o terminal. O corte das redes é efetuado através de uma máquina com molde, enquanto o isolamento é cortado em uma máquina de laser (figura 21). O isolamento será colocado entre o terminal superior e o terminal inferior, e funcionará como um isolante, de forma a impedir o contato entre os dois terminais (figura 22).



Figura 21 - Máquina de corte laser (VEP, 2019).

Estanhagem de redes e pré-estanhagem manual de terminais

Após o corte das redes, é depositado, em cada uma delas, uma pequena camada de estanho. Já a pré-estanhagem dos terminais é efetuada manualmente por um operador, e consiste na colocação de uma camada de estanho nas “janelas” do terminal, zona onde posteriormente se efetua a soldadura das redes ao terminal.

Montagem dos terminais com o isolamento

Após a pré-estanhagem, segue-se a montagem dos terminais com o isolamento, e consiste na colocação do isolamento entre os dois terminais (figura 22).



Figura 22 - Esquema representativo da montagem dos terminais.

Laminação

Finalizada a montagem, um operador procede à laminação dos terminais. Este processo consiste em sujeitar os condensadores a uma pressão e temperatura pré-definida, e tem como objetivo evitar a posterior separação do isolamento do terminal. Antes de os terminais seguirem para o posto de soldadura, o operador efetua um teste de tensão (*breakdown voltage*) a todos os terminais.

Soldadura automática (soldadura da rede à bobina e da rede ao terminal)

- Soldadura da rede à bobina

A soldadura das redes às bobinas compreende na ligação mecânica e elétrica entre ambas (figura 23). Este processo é um dos mais críticos na produção deste tipo de condensadores.

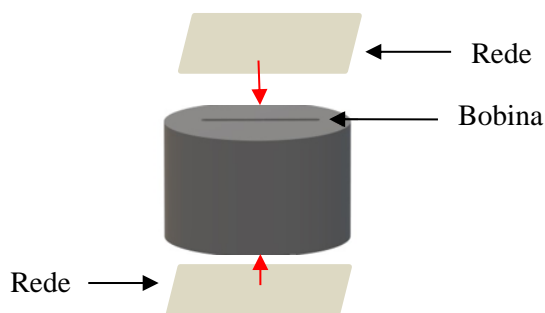


Figura 23 - Esquema representativo da soldadura das redes à bobina.

- Soldadura da rede ao terminal

Uma vez soldadas as redes às bobinas, efetua-se a soldadura das redes ao terminal. A soldadura das redes ao terminal consiste na interligação das bobinas ao terminal do condensador. Finalizada a soldadura, o operador introduz os blocos numa estufa a uma temperatura controlada, onde será efetuada a secagem dos mesmos (figura 24).

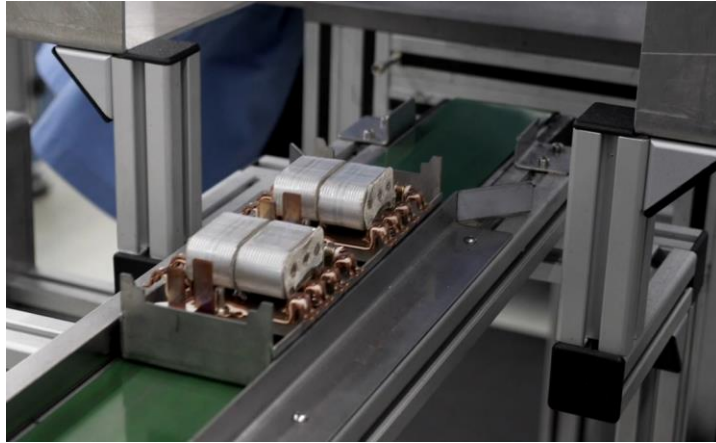


Figura 24 - Blocos à entrada da estufa de secagem dos blocos.

Soldadura Manual

Relativamente à soldadura manual, as fases do processo são idênticas à soldadura automática, trata-se apenas de um processo que é realizado manualmente por operadores. Posto isto, este processo não foi alvo de estudo.

Montagem/Enchimento

Terminado o tempo de secagem dos blocos, o operador inicia a montagem do condensador, ou seja, é efetuada a colocação dos blocos em um copo de plástico, seguindo-se de um enchimento com resina epóxi com uma função isolante.

O interior do copo de plástico é previamente envolvido em plasma, permitindo assim uma melhor aderência da resina ao copo. Neste processo são efetuados três enchimentos, seguidos de uma cura após cada enchimento, e termina com uma verificação visual antes da cura final da resina epóxi (figura 25). Os condensadores apenas seguem para o posto seguinte, após o arrefecimento dos condensadores.

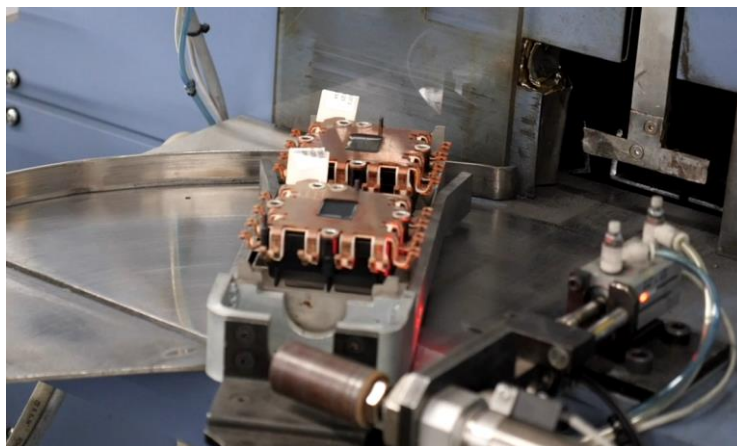


Figura 25 - Condensadores após cura final da resina epóxi.

3.6.4. Processo de medida/ensaio

No posto de medida/ensaio, os condensadores são controlados eletricamente de acordo com a instrução de trabalho. O processo termina com o calibre e limpeza efetuada com recurso a um robot (figura 26).

Sempre que se finaliza uma encomenda, esta é enviada para o controlo final e posteriormente segue para o armazém de produto acabado.

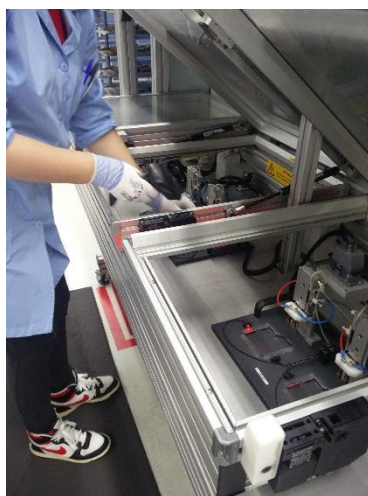
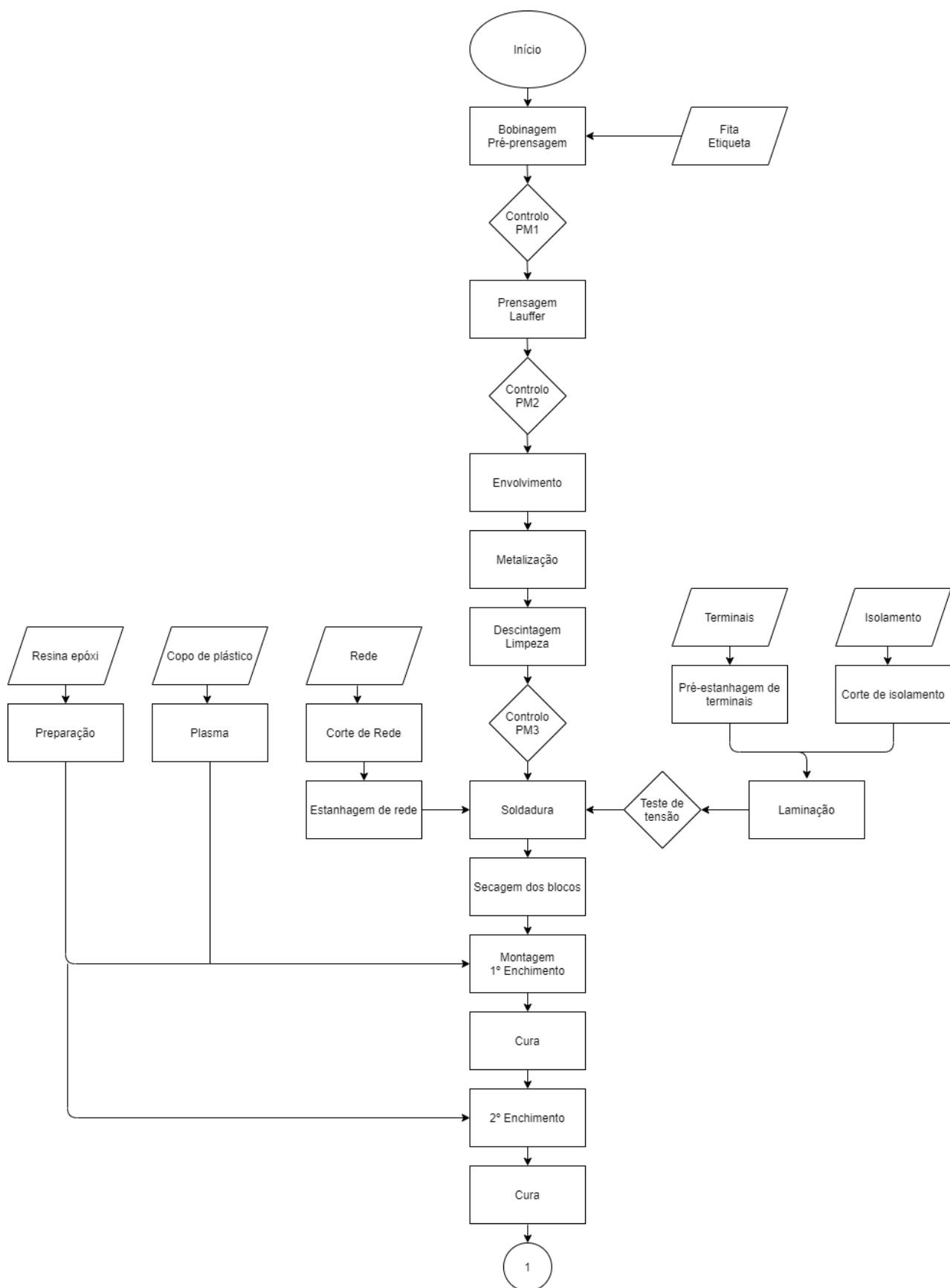


Figura 26 – Posto de medida/ensaio – MJ1.

Devido ao sigilo profissional, não é possível publicar informações específicas do processo produtivo. Em todo o caso, foi elaborado um fluxograma do fabrico o mais pormenorizado possível do condensador do modelo em estudo MKT1820S (figura 27). Este produto foi selecionado tendo em consideração uma escolha e decisão da gestão de topo da empresa.



(continua na página seguinte)

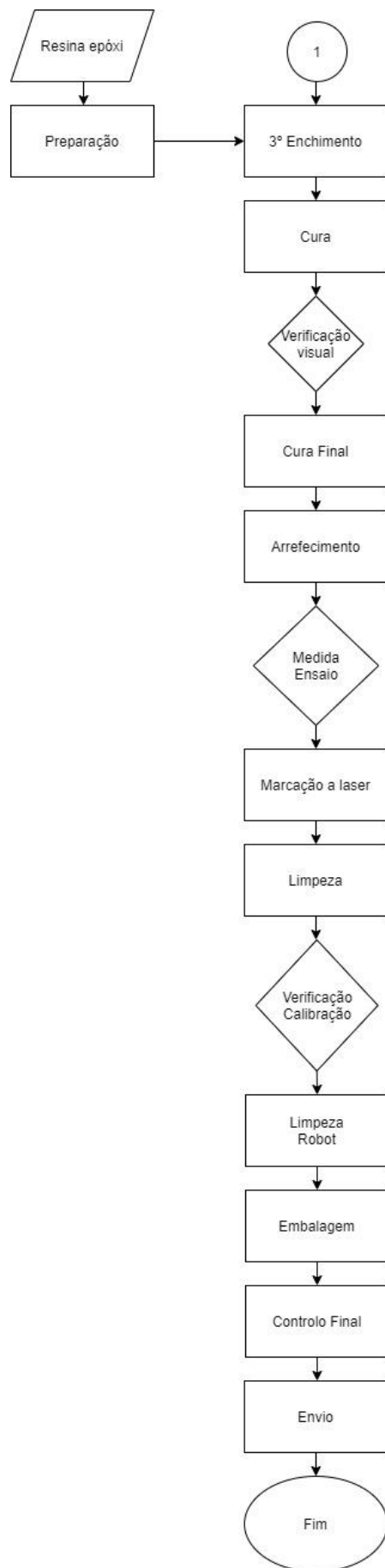


Figura 27 - Fluxograma do condensador MKT1820S (VEP, 2019).

4. Descrição e análise crítica da situação atual

Neste capítulo é efetuada a caracterização de uma linha produtiva, a *Back-End Line 1*, através da análise crítica do sistema atual e da identificação dos principais problemas. As análises efetuadas incluem um estudo sobre o estado das máquinas e dos equipamentos usados, a observação dos métodos de trabalho utilizados pelos operadores, assim como identificação de desperdícios.

Este projeto de dissertação centrou-se na identificação e análise dos desperdícios existentes nos processos de trabalho da linha produtiva, a *Back-End Line 1* (BE Line 1), do condensador em estudo, escolhido pela empresa, o MKT1820S. A BE Line 1 é constituída por três macroprocessos/centros de trabalho: a soldadura, a montagem/enchimento e a medida/ensaio, e a cada um deles estão associadas determinadas tarefas, de acordo com a figura 28.

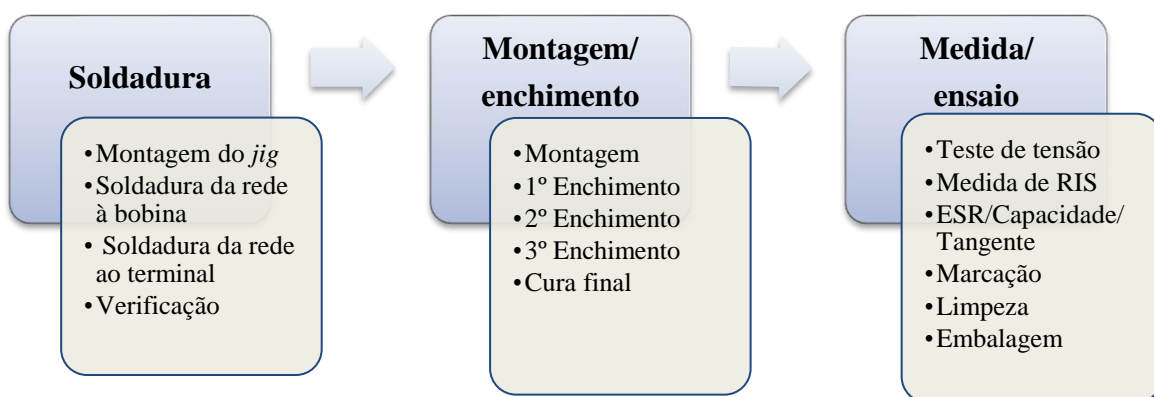


Figura 28 – Tarefas dos processos em estudo - BE Line 1.

Para uma melhor perceção da sequência dos três macroprocessos/centros de trabalho e do posicionamento relativo de cada um deles no *layout* fabril, apresenta-se a figura 29.

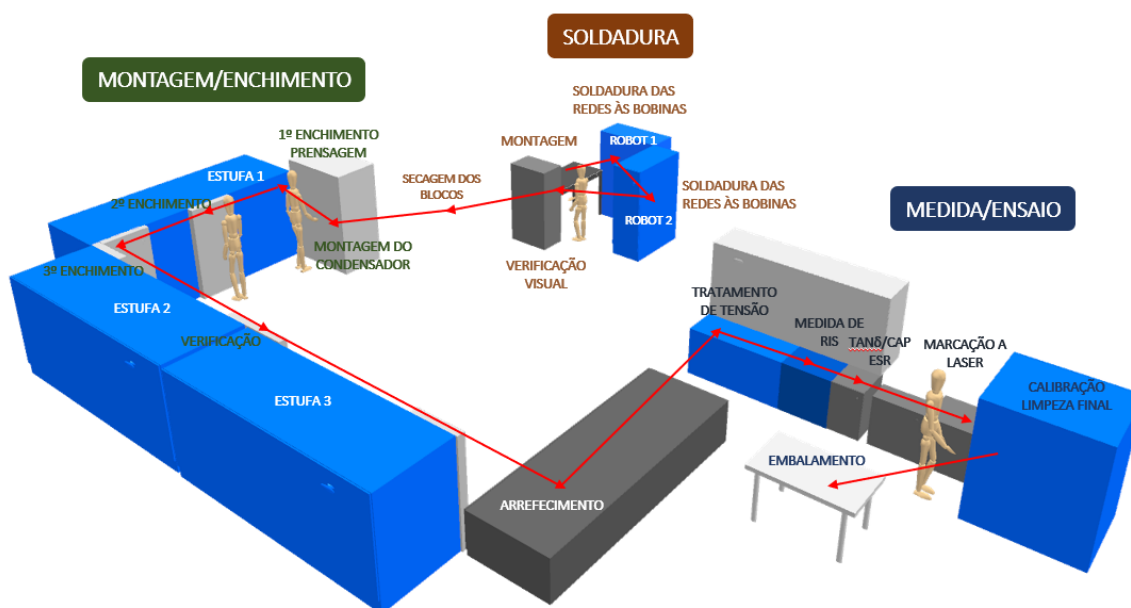


Figura 29 – Esquema representativo do *layout* dos processos em estudo da linha BE Line 1.

4.1. Caracterização e análise do processo de soldadura

O processo de soldadura é constituído pelo posto de soldadura automática e soldadura manual. A soldadura automática é realizada num posto ocupado por 1 operador, com o apoio de um operador polivalente (operador pivô) que tem como função auxiliar os três postos da BE Line 1.

4.1.1. Descrição do funcionamento do processo de soldadura

A soldadura automática comporta as seguintes fases: montagem do *jig* de soldadura, soldadura automática da rede às bobinas e soldadura automática das redes ao terminal, terminando com a verificação/calibração do bloco. O posto de trabalho é constituído por 2 *robots* de soldadura (*Itec1*), uma mesa e 3 *jigs* de montagem. Para a produção do bloco, é necessária a realização do conjunto dos seguintes processos:

- 1.º O operador coloca o *jig* na mesa de montagem, abre o *jig* e insere as bobinas, as redes e os terminais pré-estanhados (figura 30);
- 2.º Após a montagem, o operador introduz o *jig* no *robot* 1, responsável pela soldadura das redes às bobinas (figura 31);
- 3.º Terminada a primeira soldadura, o operador retira o *jig* do *robot* 1 e insere no *robot* 2, dando início à soldadura das redes ao terminal (figura 32);
- 4.º Finalizada a segunda soldadura, o operador retira o *jig* do *robot* 2, retorna à mesa de montagem, abre o *jig* e retira o bloco (figura 33);

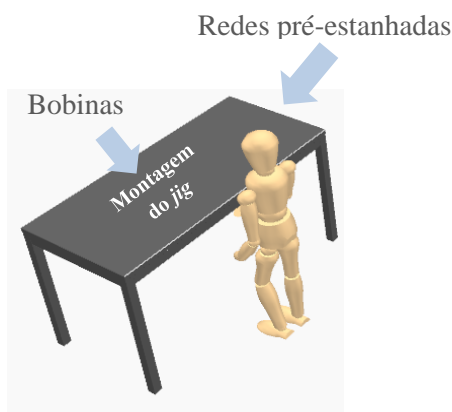


Figura 30 - Montagem do *jig*.

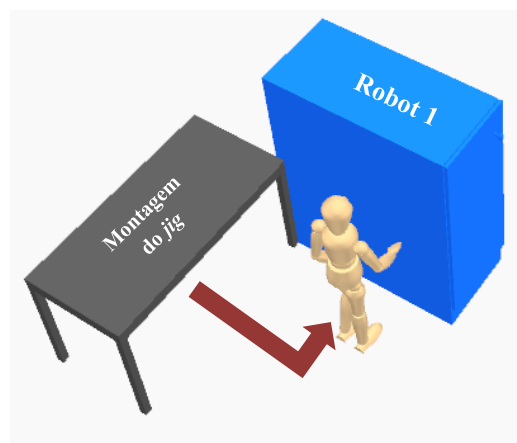


Figura 31 – Entrada do *jig* no *robot* 1 (soldadura das redes às bobinas) após a montagem.

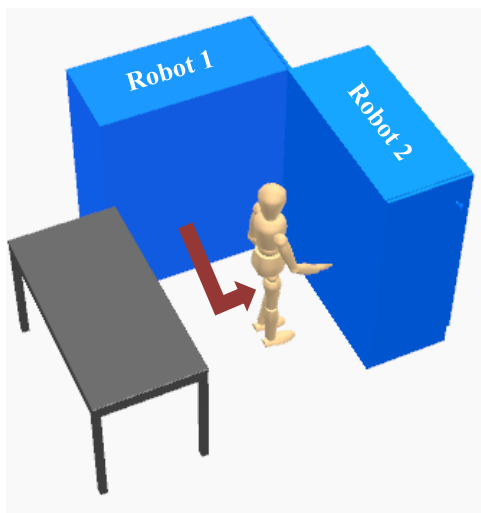


Figura 32 - Entrada do *jig* no *robot 2* (soldadura das redes ao terminal) após a primeira soldadura.

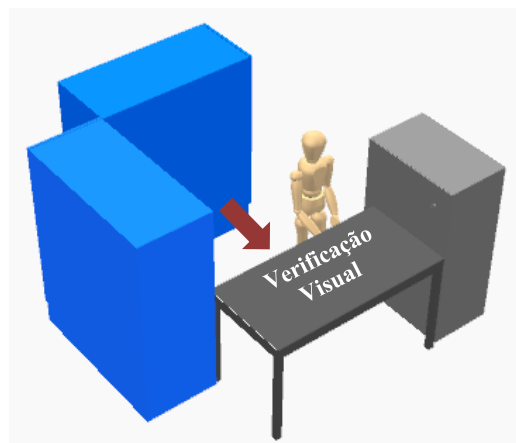


Figura 33 – Verificação visual do bloco após a segunda soldadura.

Antes de proceder a nova montagem, o operador efetua uma verificação visual, de forma a confirmar se o bloco obedece às especificações técnicas. Tendo como objetivo a maximização da produção e a eliminação de tempos de espera, o operador utiliza 3 *jigs* em simultâneo (figura 34).

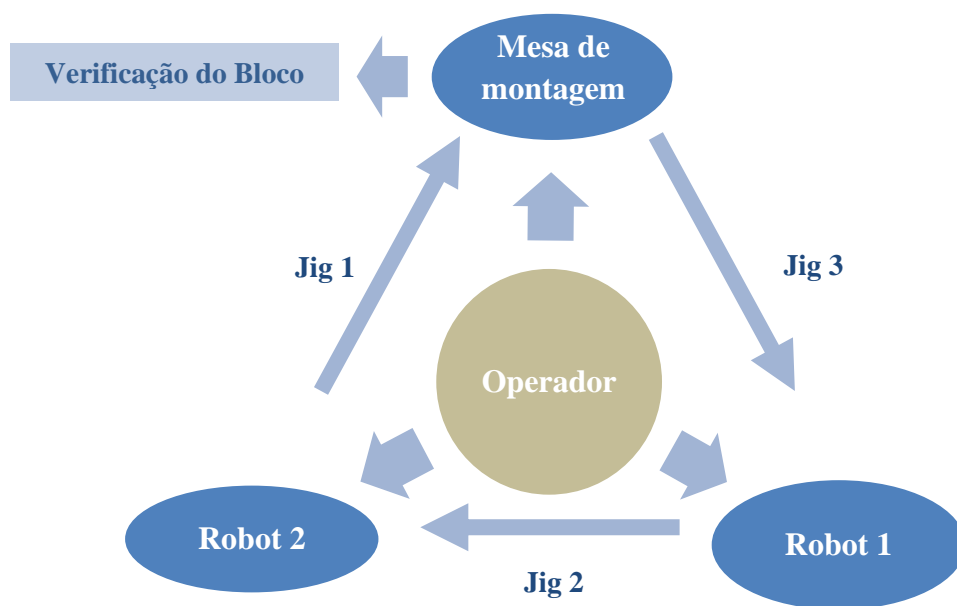


Figura 34 - Circuito dos três *jigs* no processo de soldadura.

Finalizada a soldadura, o operador introduz os blocos na estufa de secagem, seguindo para a montagem/enchimento. O operador pivô é responsável pelo fornecimento de material e substituição nas pausas.

A disposição das máquinas/equipamento, representada na figura 34, respeita um *layout* em forma de “U”. Este tipo de *layout* permite um aproveitamento do espaço existente, além de minimizar as distâncias e tempos de espera.

4.1.2. Análise crítica dos tempos produtivos do processo de soldadura

Para a análise crítica do processo de soldadura, tornou-se necessário a determinação do tempo de ciclo médio da produção de um bloco. O objetivo seria identificar o turno com menor produção e comparar os respetivos métodos de trabalho. O horário de funcionamento dos cinco turnos neste centro de trabalho é apresentado na tabela 9.

Apesar de este posto de trabalho funcionar em cinco turnos, a análise crítica centrou-se principalmente no turno 1 e 2, uma vez que maioritariamente funcionavam em horário laboral e permitiam assim o acompanhamento presencial do desempenho dos processos. Para a determinação do tempo de ciclo médio normalizado foi utilizada a técnica de cronometragem, tendo sido já descrita anteriormente no ponto 2.2.2.1 desta dissertação. Foi utilizado um cronómetro digital com uma precisão de (1/100 segundos) para o registo dos tempos.

Tabela 9 – Horário de funcionamento dos cinco turnos neste centro de trabalho.

Turno	Horário
1	Segunda a sexta-feira das 5h50 às 14h10
2	Segunda a sexta-feira das 14h10 às 22h30
3	Segunda a sexta-feira das 22h30 às 5h50
4	Sábado e domingo das 6h00 às 18h00
5	Sábado e domingo das 18h00 às 6h00

O primeiro passo consistiu na observação de todo o processo em ambos os turnos, para posteriormente proceder à cronometragem dos tempos. Antes de se iniciar a cronometragem, definiu-se de forma clara o ciclo de medição, dadas as limitações de tempo para efetuar as medições. Assim, o ciclo de medição inicia-se com a montagem do *jig* e termina com a verificação visual do bloco, para os turnos 1 e 2. Primeiramente foram realizadas 15 medições preliminares (n'), cujos registos de tempo são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Cronometragem do tempo de processo de soldadura – medições preliminares.

Medição	Duração	
	Turno 1	Turno 2
1	1min52s	1min40s
2	2min00s	1min42s
3	1min43s	1min32s
4	1min44s	1min45s
5	1min39s	1min42s
6	1min50s	1min51s
7	1min43s	1min40s
8	1min37s	1min42s
9	1min51s	1min43s
10	1min31s	1min47s
11	1min50s	1min36s
12	1min44s	1min36s
13	1min48s	1min43s
14	1min47s	1min40s
15	1min45s	1min37s
Nº total de medições (n')	15	15

Com base nos valores das medições preliminares, determinou-se o tempo de processo médio (\bar{x}) e desvio padrão (S), necessários para a determinação do número de cronometragens a efetuar, designada de dimensão da amostra (n), para um nível de confiança de 99% ($z=2,576$) e uma margem de erro de 2,25% ($h = 0,0225$), conforme a tabela 11.

Tabela 11 – Determinação da dimensão da amostra – soldadura automática.

Dados	Valores	
	Turno 1	Turno 2
Valor médio (\bar{x})	1min46s	1min41s
Desvio padrão (S)	$8,03 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-5}$
Dimensão da amostra (n)	56,56	28,68
Nº Medições efetivas	60 medições	30 medições

Verificou-se assim que seriam necessárias realizar cerca de 60 medições no turno 1 enquanto no turno 2, seriam apenas necessárias cerca de 30. Uma possível justificação para o número de medições do turno 1 ser o dobro da dimensão do turno 2, deve-se ao facto de os operadores realizarem os processos de forma menos sistemática (amplitude de 29 segundos nas medições preliminares), muito

superior à amplitude de 15 segundos no turno 2. Com base na dimensão da amostra, foram realizadas as cronometragens a ambos os turnos e determinou-se o tempo de ciclo médio para cada turno (tabela 12).

Tabela 12 – Determinação do tempo de ciclo médio – soldadura automática.

Dados	Valores	
	Turno 1	Turno 2
Tempo de ciclo médio	1min46s	1min42s
Produtividade (peças/hora)	33	35

Após a determinação do tempo de ciclo médio (obtido a partir dos tempos cronometrados), verificou-se que este era inferior ao tempo de ciclo médio obtido com base na produção da última semana antes do início do projeto de dissertação, 2min24s (produtividade de 25 peças/hora). Esta análise permite concluir que é necessário apurar outros fatores que afetam a produção por turno para além da velocidade com que os operadores realizam a tarefa.

Assim, procedeu-se à análise do método de trabalho em ambos os turnos com a elaboração de um diagrama de sequência para o turno 1 e 2 (figuras 35 e 36), com base nos movimentos do operador (executante).

Pela observação dos diagramas, foi possível identificar a existência de tempo de espera no turno 1, relativo ao tempo de conclusão do processo de soldadura, o que sumariamente representa a diferença entre os dois turnos. Como já referido anteriormente, o tempo em que o operador está parado sem produzir, é considerado um desperdício, logo não acrescenta valor ao produto.

A melhoria a implementar passa pela eliminação desse tempo de espera no turno 1, assim como nos turnos 3,4, e 5, onde apesar de não ter sido elaborado um diagrama de sequência, foi possível detetar o mesmo tempo de espera do turno 1.

No decorrer da análise crítica, também foi visível a falta de operadores na soldadura manual, tanto na soldadura dos blocos (mesmo processo que a *Itec1*) como na pré-estanhagem de terminais, uma vez que a quantidade de terminais pré-estanhados em 3 turnos não era suficiente para fornecer a soldadura automática em 5 turnos.

Gráfico de Sequência: Executante						
Data: 07/03/2018		Hora: 9:10		Resumo		
Gráfico n.º 1		Atividade		Atual	Proposto	Ganho
Posto de trabalho: Soldadura automática.		Operação	●	8		
Operador: Turno 1		Transporte	➡	3		
Método	Atual	X	Controlo	■	1	
	Proposto	□	Espera	⬇	1	
Elaborado por: Marta Sá		Data: 7/03/2018	Armazenamento	▼	0	
Aprovado por:		Data:	Total tempo (s)		1min46s	
			Total distância (m)		1,5m	

Descrição	Símbolos					Observações
	●	➡	■	⬇	▼	
O operador procede à montagem do <i>jig</i> 3.	●					
Desloca-se até ao <i>robot</i> 1.	●					
Retira o <i>jig</i> 2 do <i>robot</i> 1 e insere o <i>jig</i> 3 no <i>robot</i> 1.	●					
Aciona o botão de iniciar do <i>robot</i> 1.	●					
Desloca-se até ao <i>robot</i> 2.	●					
Espera que o processo de soldadura termine.						
Retira o <i>jig</i> 1 do <i>robot</i> 2 e insere o <i>jig</i> 2 no <i>robot</i> 2.	●					
Aciona o botão de iniciar do <i>robot</i> 2.	●					
Regressa à mesa de montagem.	●					
Abre o <i>jig</i> 1 e retira o bloco.	●					
Procede à verificação visual.	●					
Coloca o bloco no tabuleiro.	●					
Procede a nova montagem de <i>jig</i> .	●					

Figura 35 – Diagrama de sequência turno 1 – soldadura automática.

Gráfico de Sequência: Executante						
Data: 07/03/2018		Hora:		Resumo		
Gráfico n.º 2		Folha de:		Atividade	Atual	Proposto
Posto de trabalho: Soldadura automática.		Operação		●	8	
Operador: Turno 2		Transporte		➡	4	
Método	Atual	X	Controlo	■	1	
	Proposto	□	Espera	◐	0	
Elaborado por: Marta Sá		Data:07/03/2018		Armazenamento	▼	0
Aprovado por:		Data:		Total tempo (s)	1min42s	
				Total distância (m)	1,7m	

Descrição	Símbolos					Observações
	●	➡	■	◐	▼	
O operador procede à montagem do <i>jig</i> 3.	●					
Desloca-se até ao <i>robot</i> 1.		➡				
Retira o <i>jig</i> 2 do robot 1 e insere o <i>jig</i> 3 no <i>robot</i> 1.	●					
Desloca-se até ao robot 2.		➡				
Retira o <i>jig</i> 1 do robot 2 e insere o <i>jig</i> 2 no <i>robot</i> 2.	●					
Aciona o botão de iniciar do <i>robot</i> 2.	●					
Desloca-se até ao <i>robot</i> 1.		➡				
Aciona o botão de iniciar do <i>robot</i> 1.	●					
Regressa à mesa de montagem.		➡				
Abre o <i>jig</i> 1 e retira o bloco.	●					
Procede à verificação visual.						
Coloca o bloco no tabuleiro.	●					
Procede a nova montagem de <i>jig</i> .	●					

Figura 36 – Diagrama de sequência turno 2 – soldadura automática.

4.2. Caracterização e análise do processo de montagem/enchimento

A montagem/enchimento é realizado em 4 postos de trabalho, ocupados por 2 operadores apoiados pelo operador polivalente que tem como função auxiliar os três processos da BE Line 1.

4.2.1. Descrição do funcionamento do processo montagem/enchimento

O processo consiste na montagem dos blocos em um copo de plástico, seguido de um enchimento com uma resina isolante (epóxi). A montagem/enchimento é efetuada em 3 fases, e para isso são necessárias 3 estações de enchimento, 1 estação de verificação e 3 estufas de cura. As estufas são compostas por réguas de transporte e cada uma delas tem a capacidade para 5 gamelas (2 condensadores por gamela). Cada estufa tem uma capacidade, tempo e temperatura de cura diferentes, o que origina diferentes tempos de avanço entre réguas. O operador deverá efetuar as operações nos vários postos cumprindo o tempo de paragem mínimo pré-definido entre réguas. Caso a duração seja superior, esta origina um tempo de espera entre os processos dando origem a diminuição de produtividade. O enchimento e cura da massa não podem ser efetuados de uma só vez, devido ao aumento exponencial de falhas mecânicas (flutuação das bobines, origem de bolhas e vazamento/insuficiência da massa devido à variação das dimensões das bobines).

Montagem

A montagem do condensador é efetuada pelo operador 1, e inicia-se com a colocação do copo vazio na entrada do posto de enchimento (figura 37), seguido de um enchimento automático de resina epóxi na base do copo (figura 38). Essa quantidade de resina é definida em função do tipo de condensador (310 μ F ou 470 μ F). De seguida, o operador procede à colocação do bloco no copo (figura 39), previamente assente numa gamela de transporte. Repete-se a operação para o segundo condensador (recorde-se que são colocados 2 condensadores por gamela).



Figura 37 – Estação 1 - colocação do copo na estação de enchimento.

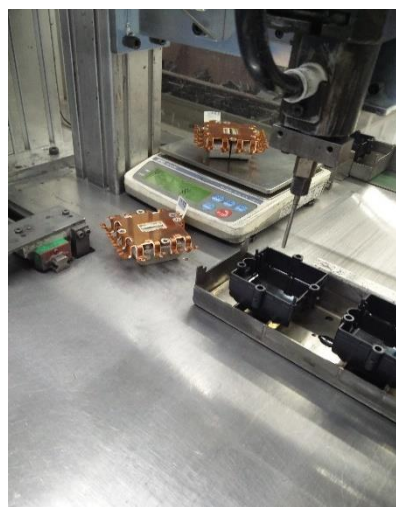


Figura 38 – Estação 1 - enchimento de resina epóxi na base do copo.

1.º Enchimento

Tendo já sido efetuada a montagem de 2 condensadores, o operador 1 procede ao 1.º enchimento de resina epóxi, respeitando as quantidades indicadas na instrução de trabalho (figura 40). A quantidade é regulada manualmente pelo operador 1, através da contagem do número de bombadas. Após o enchimento dos 2 condensadores, o operador 1 insere uma cavilha no condensador (figura 41), remove-o da gamela, e efetua a prensagem manual do condensador (figura 42). Terminada a prensagem, o operador volta a colocar o condensador na gamela que é colocada na estufa 1 (primeira cura da resina). A gamela irá percorrer a estufa 1, até voltar a sair no posto seguinte (2.º enchimento). O operador 1 repete a operação para as restantes 4 gamelas, perfazendo um total de 5 por régua. A primeira estação de enchimento é ocupada apenas por um operador (figura 45).

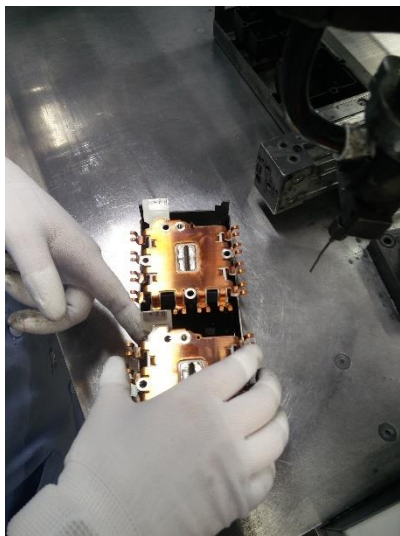


Figura 39 – Estação 1 - colocação dos blocos no copo.

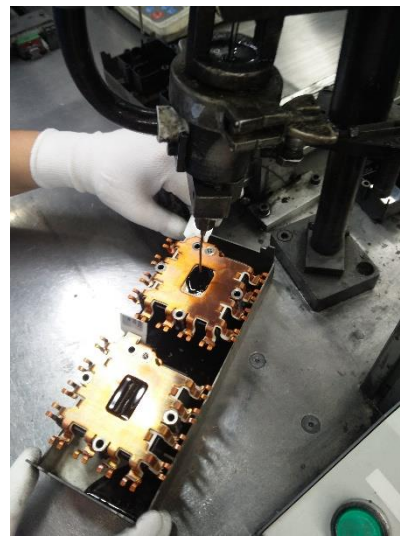


Figura 40 – Estação 1 - 1.º enchimento.

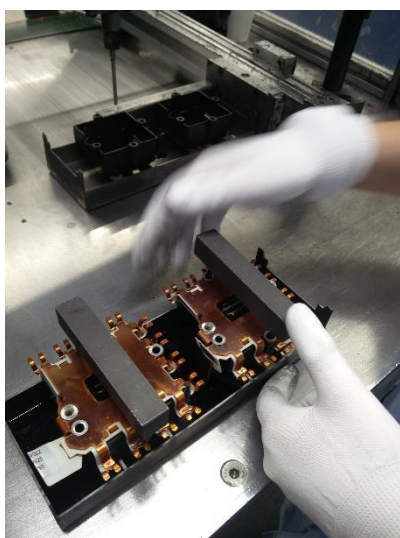


Figura 41 – Colocação da cavilha.

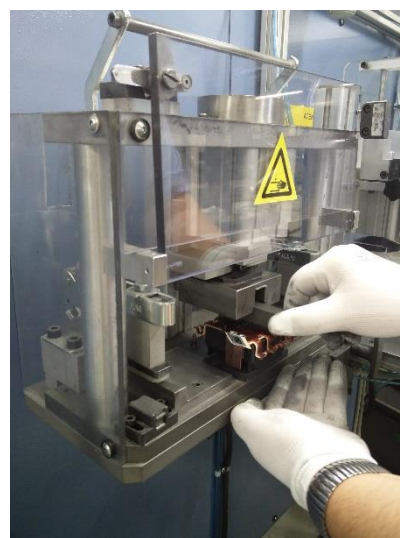


Figura 42 – Prensagem do condensador.

2.º Enchimento

Na segunda estação de enchimento, o operador 2 remove a gamela da estufa 1 (figura 43), retira a cavilha de prensagem e inicia o 2.º enchimento, para depois voltar a colocar a mesma gamela na estufa 1 (segunda cura da resina) (figura 44). Este efetua o mesmo procedimento para as restantes 4 gamelas, e só depois se desloca para o posto seguinte (figura 45).



Figura 43 – Estação 2 - remoção da gamela da estufa 1.



Figura 44 – Estação 2 - reentrada da gamela na estufa 1.

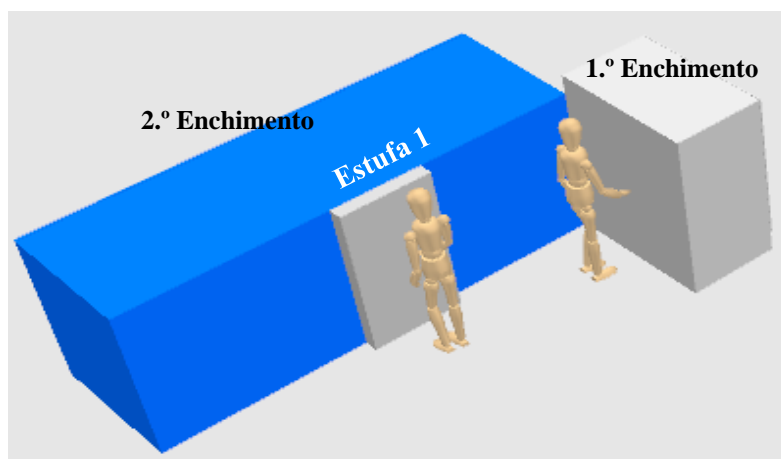


Figura 45 – Esquema representativo do posicionamento do 1.º e 2.º enchimento.

3.º Enchimento

Na terceira estação de enchimento, o operador 2 remove as gamelas da estufa 1 (figura 46), verifica o estado do enchimento e caso seja necessário, procede a um 3.º enchimento (figura 47). As gamelas são depois colocadas na estufa 2 (terceira cura da resina) (figura 48). Terminado o 3.º enchimento em todas as gamelas (figura 49), o operador 2 desloca-se ao posto seguinte, designado de verificação.



Figura 46 – Estação 3 - Remoção da gamela da estufa 1.

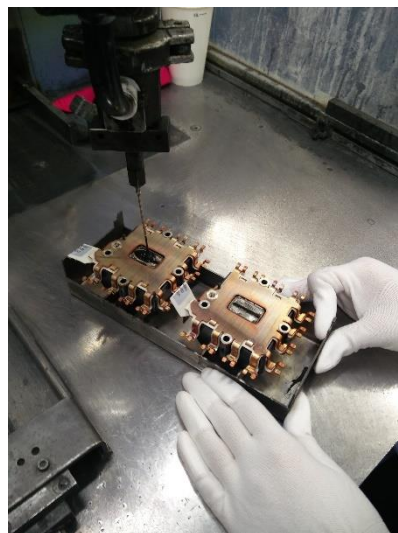


Figura 47 – Estação 3 – Posto do 3.º enchimento.



Figura 48 – Estação 3 – Introdução gamela na estufa 2.

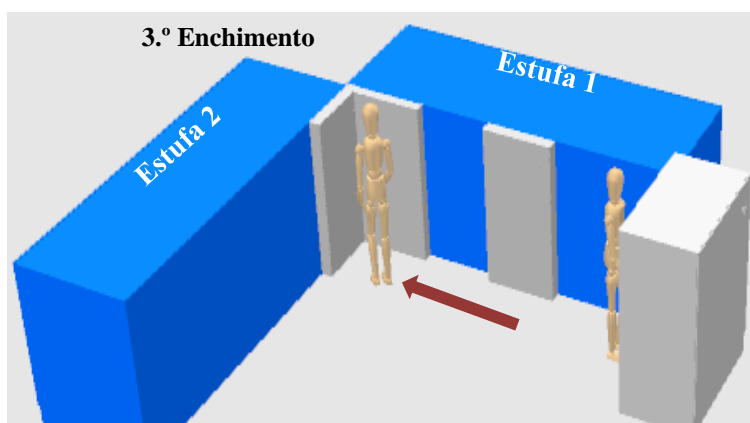


Figura 49 – Esquema representativo do posicionamento do 3.º enchimento em relação às estufas 1 e 2.

4.º Verificação

Na estação de verificação dos condensadores, o operador 2 remove a gamela da estufa 2 (figura 50), verifica o estado do enchimento, e caso estejam conformes são introduzidos na estufa 3 (cura final da resina). Se algum condensador apresentar um enchimento incompleto, retorna aos postos anteriores para serem retrabalhados. Terminada a verificação dos condensadores, o operador 2 regressa ao posto do 2.º enchimento, iniciando novo ciclo de tarefas. As figuras 51 e 52 ilustram através de registo fotográfico e representação esquemática a estação do 3º enchimento e de verificação e a localização relativa deste posto de trabalho face ao posicionamento da estufa 2 e estufa 3, respetivamente.



Figura 50 – Estação de verificação e remoção da gamela da estufa 2.

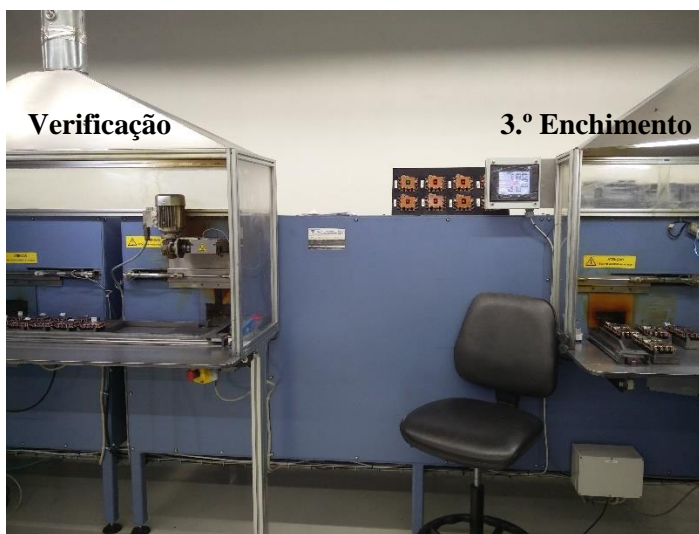


Figura 51 – Estação de trabalho do 3.º enchimento e de verificação.

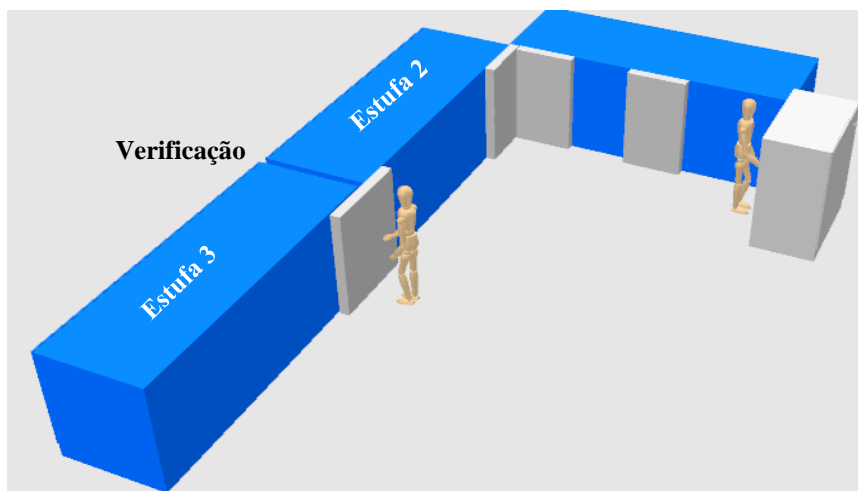


Figura 52 – Esquema representativo da estação de verificação.

Após a cura final, os condensadores são sujeitos a um período de arrefecimento antes de serem encaminhados para a área de medida e ensaio (figura 53). O circuito percorrido por um condensador no posto de montagem/enchimento está ilustrado na figura 54. Como se pode verificar através do esquema, os condensadores provenientes do processo de soldadura passam pela montagem e pelos 3 processos de enchimento da resina, sendo posteriormente verificados antes de seguirem para o tapete de arrefecimento.

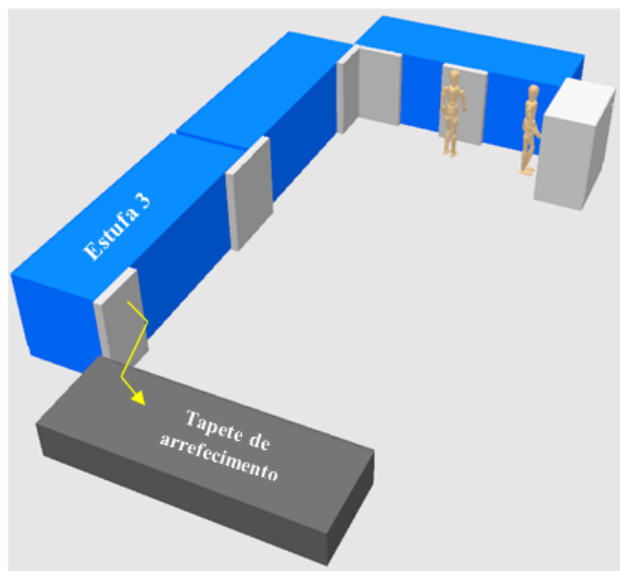


Figura 53 – Saída automática da estufa 3 e introdução no tapete de arrefecimento.

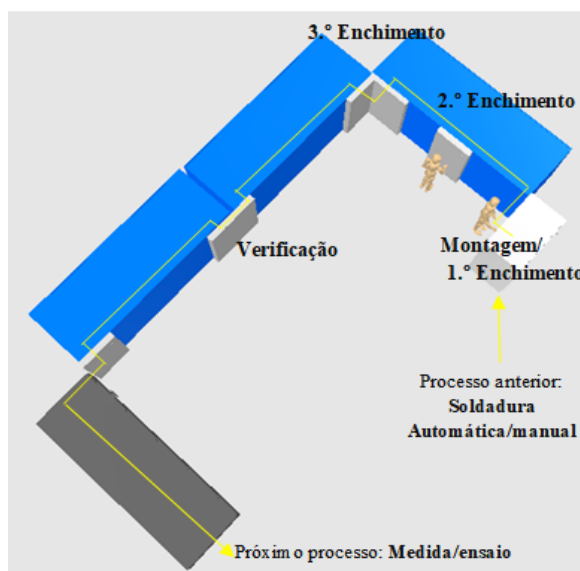


Figura 54 – Circuito de um condensador no processo de montagem/enchimento.

4.2.2. Análise crítica do processo de montagem/enchimento

Procedeu-se de uma forma geral a uma análise do método de trabalho nos dois turnos e constatou-se que os procedimentos seguidos pelos operadores eram semelhantes em ambos os turnos. O tempo de ciclo médio com base na última semana antes de início do projeto de dissertação correspondia a 2min08s (produtividade de 28 peças/hora), tendo sido registadas elevadas taxas de condensadores rejeitados por enchimento incompleto. Nesse sentido, procedeu-se a uma análise mais aprofundada do posto de montagem relativo ao 1.º enchimento. Com base nessa análise, detetou-se que a quantidade de resina epóxi colocada inicialmente no copo, era regulada manualmente pelo operador, assim como uma introdução manual dos condensadores na prensa.

Também foi possível detetar uma considerável quantidade de condensadores em retrabalho devido à falta de resina epóxi (após os três enchimentos), dada a existência de um pequeno orifício junto às redes.

Outra situação detetada e que representa uma oportunidade de melhoria, diz respeito à diminuição do número de condensadores por tabuleiro, desde a entrada na estufa de secagem de blocos (após a soldadura) até à montagem. Isto porque, os operadores colocavam 15 blocos por tabuleiro, e uma vez

que cada régua da estufa 1 tinha capacidade para 5 gamelas (10 condensadores), 5 condensadores teriam de aguardar pelo avanço de régua. Sempre que isso acontecia, os condensadores arrefeciam e, aquando a realização do 1.º enchimento, a resina epóxi não escorria com a mesma velocidade e consequentemente o operador demorava mais tempo. Dessa análise também se constatou a existência de desperdícios, nomeadamente, tempos de espera, originados pela falta de gamelas e o não aproveitamento total da capacidade da estufa 3.

4.3. Caracterização e análise do processo de medida/ensaio

Neste posto designado de MJ (*Michael Jackson*) 1, os condensadores são controlados eletricamente de acordo com a instrução de trabalho. Este controlo é efetuado por 1 colaborador alocado a estas funções.

4.3.1. Descrição do funcionamento do processo de medida/ensaio

O processo de trabalho é composto por um conjunto de equipamentos de medida, nos quais os condensadores são sujeitos a testes de verificação de qualidade. Os testes são efetuados a todos os condensadores de cada encomenda, e são os seguintes:

- Teste de tensão: consiste na sobrecarga a bobina de tensão para avaliar a corrente de fuga;
- Medida de resistência de isolamento e constante de tempo (R_{is} - *Insulation Resistance*): consiste na medida da resistência à passagem de corrente pelos materiais isolantes;
- Medição de Fator de Dissipação ($\tan \delta$)/capacidade/resistência série equivalente (ESR - *Equivalent Series Resistance*): o fator de dissipação reflete as perdas de polarização do filme dielétrico assim como as perdas originadas pela resistência de contato do condensador. A ESR corresponde a todas as perdas na forma de resistência em série com o condensador;
- Marcação a laser: consiste na identificação final do condensador conforme encomenda;
- Calibração: consiste na calibração das “patinhas” do condensador, ou seja, verificar se estão de acordo com as definições específicas do produto;
- Limpeza final: último processo do condensador antes de ser embalado. A limpeza é efetuada automaticamente por um robot seguido da colocação do condensador em um blister de plástico com a capacidade para 15 condensadores.

A ordem pela qual os condensadores são inseridos nos equipamentos de medida é a seguinte:

1.º Teste de tensão:

A primeira tarefa do operador consiste em retirar um condensador do tapete de arrefecimento (figura 55), última etapa do posto anterior, e colocar na gaveta na qual se realizará o teste de tensão (figura 56).

O operador repete o processo para o segundo condensador, uma vez que cada gaveta tem capacidade para dois condensadores em simultâneo. Uma vez que este é o processo mais demorado, a MJ1 necessita de funcionar com duas gavetas de teste, o que permite operar com quatro condensadores em simultâneo.

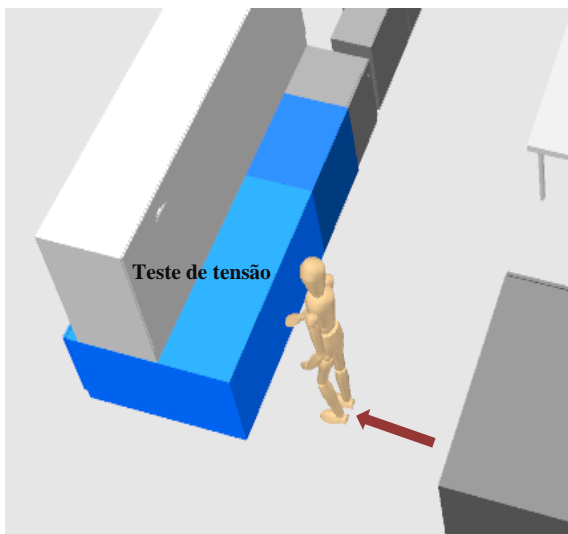


Figura 55 – Remoção dos condensadores do tapete de arrefecimento.

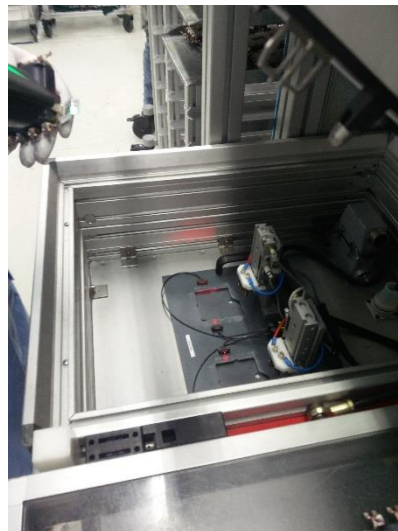


Figura 56 – Introdução dos condensadores na gaveta do teste de tensão.

2.º Medida R_{IS}:

Após o teste de tensão, o operador remove os condensadores da gaveta de teste (figura 57) desloca-se até à gaveta de medida de R_{IS} (figura 58) abre a gaveta (figura 59) e insere os condensadores na gaveta, um de cada vez (figura 60). A gaveta de medida de R_{IS} tem a capacidade de medir dois condensadores em simultâneo.



Figura 57 – Remoção dos condensadores da gaveta do teste de tensão.

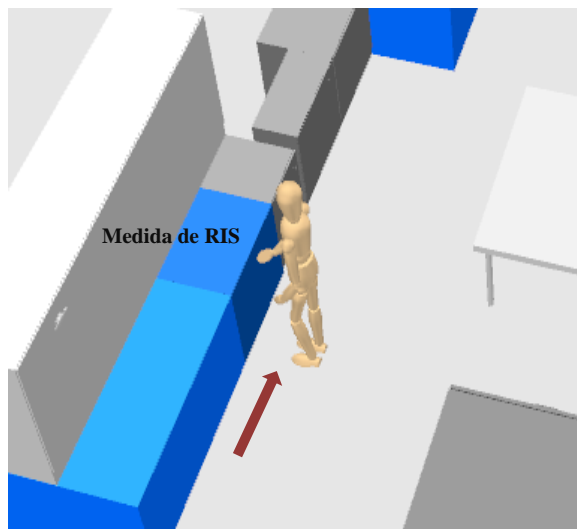


Figura 58 – Movimentação do operador até à gaveta de medida de R_{IS}.



Figura 59 – Abertura da gaveta de medida de RIs.



Figura 60 – Introdução dos condensadores na gaveta de medida de RIs.

3.º Medição da capacidade/Tan δ //ESR:

Finalizada a medida de RIs, o operador remove os 2 condensadores da gaveta e coloca-os na mesa de apoio (figura 61). De seguida, desloca-se até ao posto seguinte (figura 62), insere um condensador de cada vez no equipamento de medição da capacidade/Tan δ /ESR (figura 63).



Figura 61 – Remoção dos condensadores da gaveta de medida de RIs.

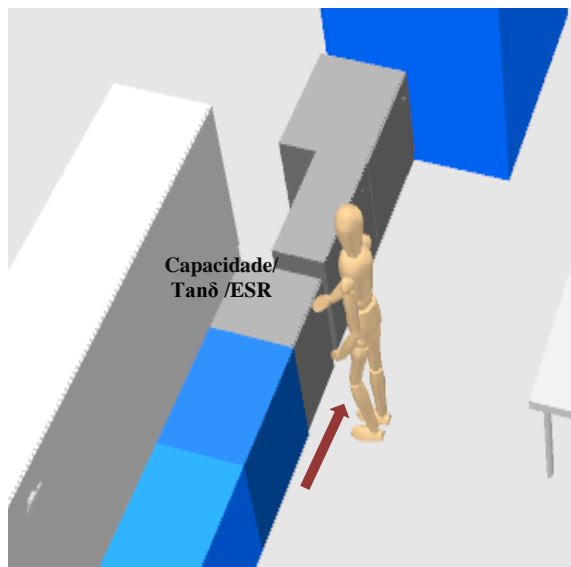


Figura 62 – Movimentação do operador até ao equipamento de medição da capacidade/Tan δ /ESR.



Figura 63 – Introdução do primeiro condensador no equipamento de medição de capacidade/Tan δ /ESR.

4.º Marcação a laser:

Depois da validação dos condensadores, o operador desloca-se até ao equipamento de marcação a laser (figura 64), e insere, os condensadores no equipamento de marcação a laser (figura 65). Após a inserção dos condensadores de forma sequencial, o operador aciona o início da marcação, conforme ilustrado na figura 66.



Figura 64 – Movimentação do operador até ao equipamento de marcação a laser.

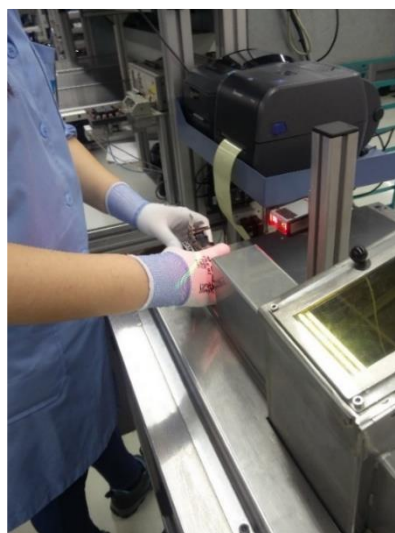


Figura 65 – Introdução do condensador para marcação a laser.



Figura 66 – Início da marcação a laser.

5.º Verificação visual, calibre e *robot* de limpeza:

O operador desloca-se até ao posto de verificação e limpeza (mesmo local de saída do condensador do equipamento de marcação a laser) (figura 67), retira o condensador do equipamento de marcação (figura 68) e inicia a verificação visual e limpeza do condensador, para depois ser inserido no calibrador (figura 69). Finalizada a calibração do condensador, o mesmo segue para a limpeza final efetuada de forma automática por um *robot* (figura 70). A cada 15 condensadores, o operador retira o *blister* do equipamento de limpeza e procede ao acondicionamento e embalagem dos condensadores em caixa de cartão (15 unidades/caixa) (figuras 71 e 72).

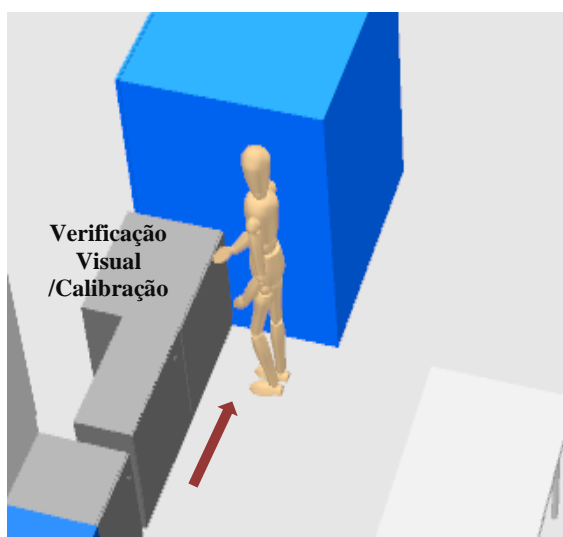


Figura 67 – Movimentação do operador até ao posto de verificação e limpeza.



Figura 68 – Remoção do condensador do equipamento de marcação.



Figura 69 – Início de verificação visual e introdução no calibre.



Figura 70 – Robot de limpeza em operação.

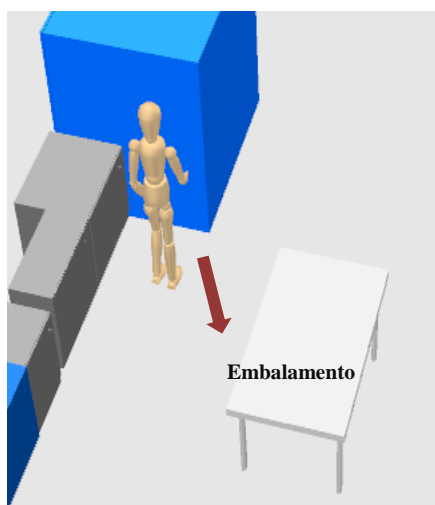


Figura 71 – Remoção dos condensadores do robot de limpeza.



Figura 72 – Acondicionamento e embalagem dos condensadores.

Dado o estudo dos tempos efetuado em cada um dos processos em estudo, verificou-se que o processo de medida/ensaio representava o *bottleneck* (gargalo) da linha de produção do condensador em estudo. Assim, uma grande parte do tempo do projeto foi dedicada ao estudo e implementação de melhorias na MJ1.

4.3.2. Análise crítica do processo de medida/ensaio

Para a análise crítica do processo de medida/ensaio, foi necessário a determinação do tempo de ciclo médio da produção de um condensador para os cinco turnos, através da técnica de cronometragem. O primeiro passo consistiu na observação do processo em todos os turnos, para de seguida proceder à respetiva cronometragem dos tempos produtivos.

Antes de iniciar, definiu-se de forma clara o ciclo de medição, tendo-se optado pela análise do ciclo completo, ou seja, desde a medida de teste de tensão até terminar a calibração do condensador. Primeiramente foram realizadas 15 medições preliminares (n') descritas na tabela 13. Dado tratar-se do processo *bottleneck*, conjuntamente com as chefias, optou-se por estender a análise aos 5 turnos de trabalho.

Tabela 13 – Cronometragem do tempo de processo de medida/ensaio – medições preliminares.

Medição	Duração				
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5
1	1min04s	1min02s	1min02s	1min03s	1min02s
2	1min02s	1min03s	1min02s	1min02s	1min02s
3	1min03s	1min17s	1min02s	1min02s	1min02s
4	1min02s	1min20s	1min02s	1min03s	1min02s
5	1min31s	1min03s	1min03s	1min02s	1min58s
6	1min03s	1min20s	1min02s	1min03s	1min11s
7	1min02s	1min35s	1min03s	1min02s	1min05s
8	1min03s	1min02s	1min02s	1min02s	2min20s
9	1min20s	1min10s	1min03s	1min02s	1min03s
10	1min03s	1min02s	1min12s	2min22s	1min14s
11	1min30s	1min04s	1min03s	1min02s	1min02s
12	1min03s	1min03s	1min02s	1min03s	1min15s
13	1min20s	1min10s	1min02s	1min03s	1min01s
14	1min03s	1min20s	1min03s	1min12s	1min40s
15	1min03s	1min30s	1min50s	1min07s	1min02s
Nº total de medições (n')	15	15	15	15	15

Determinou-se o tempo de processo médio (\bar{x}) e desvio padrão (S), necessários para a determinação do número de cronometragens a efetuar, designada de dimensão da amostra (n), para um nível de confiança de 99% ($z=2,576$) e uma margem de erro de 2,25, conforme a tabela 14.

Para o turno 1 e para o turno 2, o tempo de ciclo médio foi determinado em função do número de cronometragens respeitando a dimensão da amostra estimado. Especificamente no caso dos turnos 3, 4 e 5, o tempo de ciclo médio foi determinado em função do número de medições possíveis efetuar. Ressalte-se que este condicionalismo deveu-se ao facto de a maior parte do tempo de estágio se ter realizado em horário laboral, não tendo sido possível realizar as cronometragens necessárias em todos os turnos.

Tabela 14 – Determinação da dimensão da amostra – medida/ensaio.

Dados	Valores				
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5
Valor médio (\bar{x})	1min10s	1min12s	1min06s	1min09s	1min16s
Desvio padrão (S)	$1,25 \times 10^{-4}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$1,43 \times 10^{-4}$	$2,37 \times 10^{-4}$	$2,79 \times 10^{-4}$
Dimensão da amostra (n)	315,28	303,75	458,13	1164,26	1324,53
Nº Medições efetivas	315	304	112**	49**	47**

**Número de medições possíveis realizar no tempo útil do projeto







Foram realizadas as cronometragens e determinou-se o tempo de ciclo médio para cada turno conforme apresentado na tabela 12. O tempo de ciclo médio com base na produção registada na última semana de antes do início deste projeto correspondia ao tempo de 2min03s por condensador (produtividade de 29 peças/hora). Com os resultados obtidos, verificou-se que tempo de ciclo obtido pelo método de cronometragem era inferior em todos os turnos, proporcionando assim valores de produtividade superiores aos valores do histórico da empresa. Concluiu-se assim que, em funcionamento normal e sem interrupções, seria possível aumentar a produção. Para tal, seria necessário avaliar outros parâmetros associados a identificação de desperdícios ou análise dos métodos de trabalhos que poderiam estar a prejudicar o funcionamento da linha e, por conseguinte, gerar perdas de produção.

Tabela 15 – Determinação do tempo de ciclo médio - medida/ensaio.

Dados	Valores				
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5
Tempo de ciclo médio	1min32s	1min36s	1min15s	1min38s	1min15s
Produtividade (peças/hora)	39	37	52	36	48

O processo de medida/ensaio é dos mais importantes no fabrico de um condensador, uma vez que este determina se o condensador cumpre as especificações técnicas e de qualidade do produto.

Relativamente à análise do método de trabalho, efetuou-se um acompanhamento em todos os turnos, no entanto, foi mais exaustivo nos turnos com tempo de ciclo médio superior, nomeadamente os turnos 1, 2 e 4. Após análise, verificou-se que o método de trabalho no turno 1 e 2 eram semelhantes, tendo-se elaborado apenas um diagrama de sequência para os dois turnos (figura 73). Na figura 74 apresenta-se o diagrama de sequência do executante no turno 4.

Gráfico de Sequência: Executante					
Data: 09/03/2018		Hora: 09:35		Resumo	
Gráfico n.º 3		Atividade		Atual	Proposto
Posto de trabalho: MJ1		Operação		14	
Operador: Turno 1 e 2		Transporte		5	
Método	Atual	X	Controlo		0
	Proposto		Espera		3
Elaborado por: Marta Sá		Data: 09/03/2018		Armazenamento	
Aprovado por:		Data:		Total tempo (s)	1min12s
				Total distância (m)	5 m






Descrição	Símbolos					Observações
						
O operador abre a gaveta de teste de tensão, retira os condensadores (antes da gaveta de medida de RIS terminar o ciclo) e coloca-os em cima da outra gaveta de teste de tensão.	●					
Retira dois condensadores do tapete de arrefecimento e introduz na gaveta de teste de tensão vazia.	●					
O operador desloca-se até à gaveta de medida de RIS, abre a gaveta e retira os dois condensadores. Coloca-os na mesa de apoio.	●					
Coloca os dois condensadores retirados anteriormente da gaveta de teste de tensão e introduz na gaveta de medida de RIS.	●					
O operador desloca-se até ao posto de medição da capacidade/Tanδ/ESR.	●					
O operador inicia a medição da capacidade/Tanδ/ESR do 1.º condensador.	●					
O operador aguarda pela validação.						
Retira o 1.º condensador, e insere-o no equipamento de marcação a laser.	●					
O operador insere o 2.º condensador no equipamento de verificação de capacidade/Tanδ/ESR.	●					
O operador aguarda pela validação.						
Retira o 2.º condensador, e coloca-o na mesa de apoio. Aciona o equipamento de marcação a laser.	●					
Desloca-se ao local de verificação visual.	●					
Aguarda pelo fim da marcação a laser.						
Retira o 1.º condensador do equipamento de marcação a laser e coloca-o na mesa de verificação visual.	●					
Retorna ao equipamento de marcação a laser.	●					
Insere o 2.º condensador no equipamento de marcação a laser e aciona o início da marcação.	●					
Retorna ao local onde efetua inspeção visual e limpeza.	●					
Efetua a verificação visual e limpeza do 1.º condensador enquanto é efetuada a marcação a laser do 2.º condensador.	●					
Efetua a calibração/robot de limpeza.	●					
Retira o 2.º condensador do equipamento de marcação a laser e procede à verificação visual e limpeza.	●					
Efetua a calibração/robot de limpeza.	●					
Retorna à gaveta de teste de tensão e inicia novo ciclo.	●					

Figura 73 – Diagrama de sequência turno 1 e 2 – MJ1.

Gráfico de Sequência: Executante					
Data: 09/03/2018		Hora: 14:35		Resumo	
Gráfico n.º 4		Atividade		Atual	Proposto
Posto de trabalho: MJ1		Operação	●	13	
Operador: Turno 4		Transporte	➡	5	
Método	Atual	X	■	0	
	Proposto	□	◐	4	
Elaborado por: Marta Sá		Data: 09/03/2018	Armazenamento	▼	0
Aprovado por:		Data:	Total tempo (s)		1min32s
			Total distância (m)		5 m

Descrição	Símbolos					Observações
	●	➡	■	◐	▼	
O operador abre a gaveta de “teste de tensão”, retira os condensadores e coloca-os em cima da outra gaveta de teste de tensão.	●					
Retira dois condensadores do tapete de arrefecimento e Introduz na gaveta de teste vazia.	●					
O operador desloca-se até à gaveta de RIS, abre a gaveta e retira os dois condensadores. Coloca-os na mesa de apoio.	●					
Coloca os dois condensadores retirados anteriormente da gaveta de teste e introduz na gaveta de RIS.	●					
O operador desloca-se até ao posto de verificação de TAN δ)/Capacidade/ESR.	●					
O operador inicia a verificação de TAN δ)/Capacidade/ESR do 1.º condensador.	●					
O operador aguarda pela validação.					▼	
Retira o condensador, e coloca-o na mesa de apoio.	●					
O operador insere o 2.º condensador no equipamento de verificação de TAN δ)/Capacidade/ESR.	●					
O operador aguarda pela validação.					▼	
Retira o 2.º condensador, e insere-o no equipamento de marcação a laser. Aciona o início da marcação a laser.	●					
O operador desloca-se ao posto de verificação.	●					
O operador aguarda pelo fim da marcação.					▼	
Retira o 2.º condensador do equipamento de marcação e inicia a verificação visual e limpeza do condensador.	●					
Efetua a calibração/robot de limpeza.	●					
Retorna ao equipamento de marcação a laser.	●					
Insere o 1.º condensador no equipamento de marcação a laser.	●					
O operador retorna ao posto de verificação.	●					
O operador aguarda pelo fim da marcação.					▼	
Retira o 1.º condensador do equipamento de marcação e inicia a verificação visual e limpeza do condensador.	●					
Efetua a calibração/robot de limpeza.	●					
Retorna à gaveta de teste de tensão e inicia novo ciclo.	●					

Figura 74 – Diagrama de sequência turno 4 – MJ1.

Da análise efetuada aos diagramas de sequência, verificou-se a existência de um maior número de operações de valor acrescentado no turno 1 e 2, assim como um maior número de esperas no turno 4. Desta forma objetiva-se o aumento do número de operações de valor acrescentado e a diminuição dos tempos de espera para o turno 4 e 5 (uma vez que o turno 5 também apresentava um método de trabalho semelhante ao do turno 4). Pelo valor do tempo de ciclo médio obtido pelo método de cronometragem, era evidente a possibilidade do aumento de produção, desde que o equipamento funcionasse com normalidade e sem paragens. Para isso seria essencial a identificação de todas as causas e implementação de ações de melhoria.

Durante o acompanhamento dos vários turnos, foi possível a identificação de diversos desperdícios, nomeadamente tempos de espera originados pelo método de trabalho, interrupções da medição de uma encomenda para medir condensadores de outra encomenda e que tinham necessitado de ações de retrabalho, elevado número de medições de R1s (sobreplicagem) para o mesmo condensador, medição de R1s com tempo de duração elevado e demora/bloqueio do sistema informático.

4.4. Análise e síntese de problemas dos processos produtivos em estudo

Como já foi referido, o principal objetivo deste trabalho é o aumento da produtividade nos 3 processos em estudo, através da implementação da normalização do trabalho e da aplicação de ferramentas *Lean* com vista à melhoria contínua. A partir da análise efetuada nas seções anteriores, foram detetados vários problemas (figura 75). Em virtude dessa análise, foi aplicado o método interrogativo de forma a apurar as principais causas dos problemas identificados e encontrar alternativas aos métodos atuais.

Produção insuficiente	Métodos de trabalho incoerentes	Desperdícios
<ul style="list-style-type: none"> • Não satisfaz a procura do cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os operadores não seguem um método de trabalho eficaz e eficiente. • Sobreprocessamento em algumas atividades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempos de espera; • Não aproveitamento da capacidade total de equipamento; • Movimentos desnecessários.

Figura 75 – Identificação e caracterização dos principais problemas.

4.4.1. Produção insuficiente

O período de estudo teve início na semana 9 e ficou concluído no fim da semana 26 do ano de 2018. No início do projeto a produtividade era insuficiente para a necessidade do cliente do condensador em estudo, tendo sido definidos objetivos propostos a serem atingidos (figura 76).

Analisando as metas propostas, inicialmente foi considerado que o processo de medida/ensaio como o principal foco do estudo, ou seja, iria exigir um maior esforço na identificação e implementação de ações de melhorias pois tratava-se do *bottleneck* da linha de produção do condensador em estudo.

No processo de montagem/enchimento e no processo de medida/ensaio seria necessário um maior acompanhamento pois era exigido um aumento na produção superior a 60%, à semelhança do posto da soldadura manual, apesar deste se resolver apenas com a contratação de novos operadores. Pelo contrário, a soldadura automática exigiria apenas um aumento de 20% na produção.

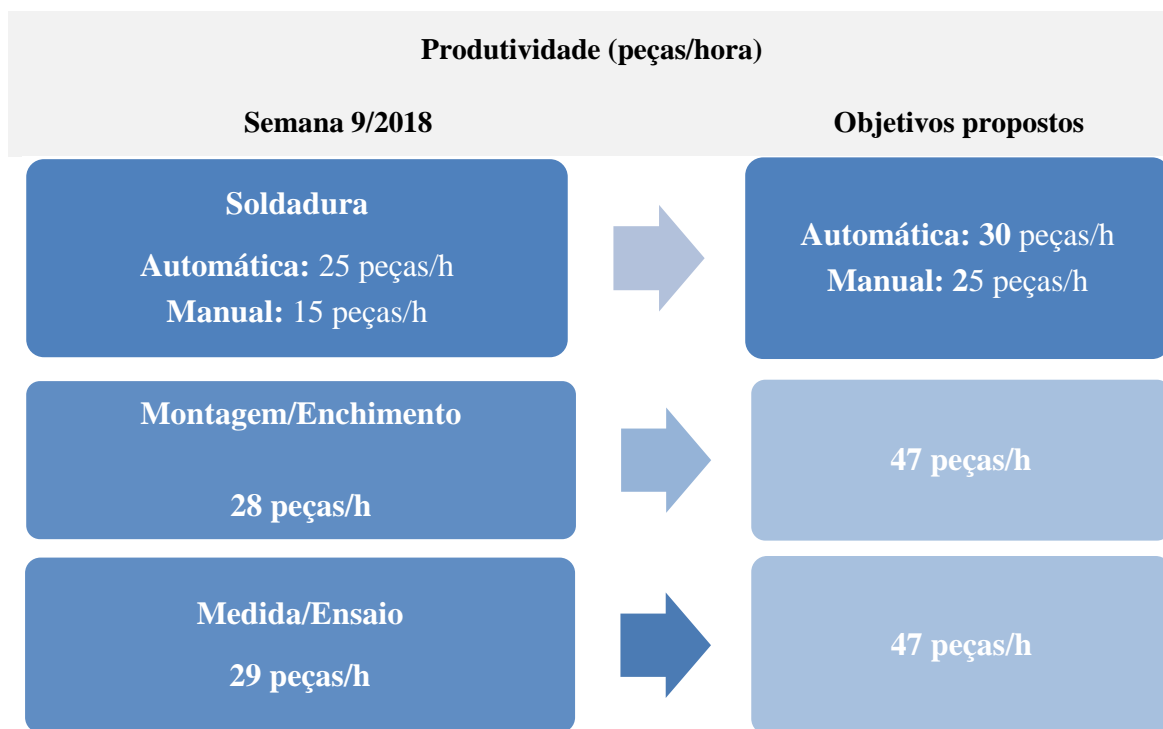


Figura 76 – Produtividade no início do estudo e objetivos propostos.

De todos os problemas, a produção insuficiente era o que mais preocupava as chefias da empresa, pois não era possível o processo produtivo cumprir com as encomendas do cliente. Através da observação dos procedimentos produtivos e métodos de trabalho, verificou-se que a resolução deste problema só seria alcançada com a normalização dos procedimentos de trabalho e com a diminuição dos desperdícios.

Sendo assim, a análise e identificação de possíveis causas da produção insuficiente foi efetuada aplicando o diagrama de causa-efeito (figura 77). Da análise ao diagrama de causa-efeito foi possível a identificação de todas as causas para a produção insuficiente, e que iriam servir de orientação para este projeto.

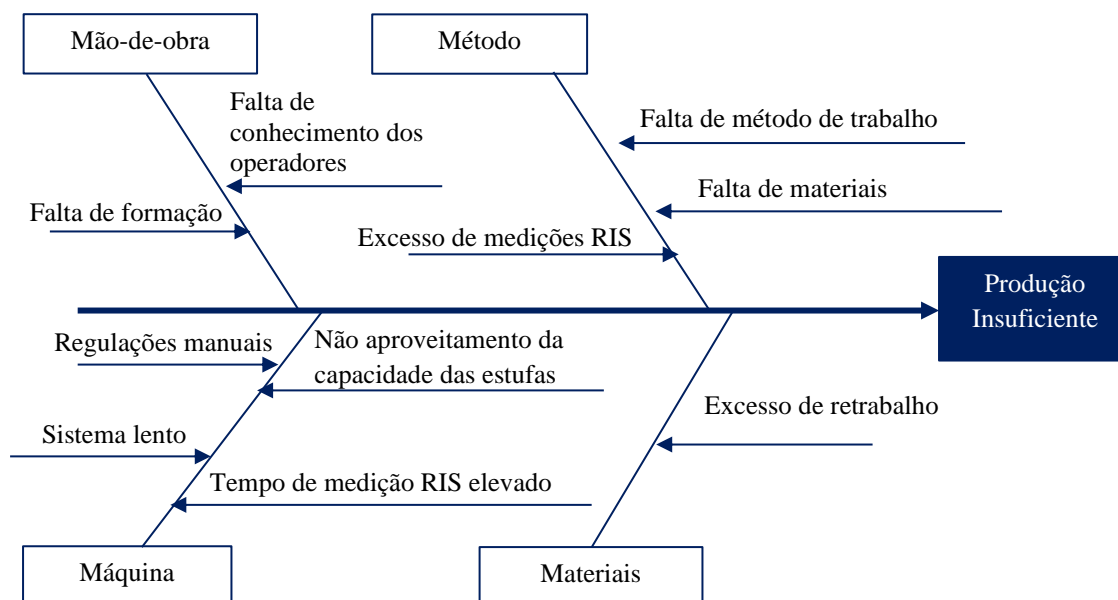


Figura 77 – Diagrama de causa-efeito para determinação das causas da produção insuficiente.

Como principais causas identificam-se os problemas relacionados com as máquinas, nomeadamente, os desperdícios de tempos e as esperas originadas por mau desempenho do sistema informático; assim como o não aproveitamento da capacidade instalada das estufas. Em segundo lugar, identificam-se as causas relacionadas com a mão-de-obra, a falta de método de trabalho ou falta de conhecimento e formação dos operadores. Estas causas resultam no excesso de retrabalho, dada a falta de método de trabalho.

4.4.2 Métodos de trabalho incoerentes

Por forma a avaliar o método de trabalho adotado pelos operadores em todos os turnos, efetuou-se um acompanhamento dos três processos de trabalho. Dessa análise, verificou-se a existência de métodos incoerentes nos três processos, conforme será especificado e descrito.

Soldadura Automática

Da análise aos diagramas de sequência (figuras 35 e 36), constatou-se a existência de tempo de espera no turno 1, originado pelo momento em que o *robot* 1 de soldadura é acionado. Enquanto o operador do turno 1 acionava o *robot* 1 logo após a colocação do *jig*, o operador do turno 2 só o acionava depois de ativar o *robot* 2, o que apesar de originar mais um movimento (figuras 78 e 79) resulta num tempo de ciclo inferior e numa maior produção. Também se verificou que na pausa de jantar do turno 2, nem sempre o operador era substituído por outro, ou por falta de operador pivô ou por falta de coordenação entre os operadores da BE Line 1.

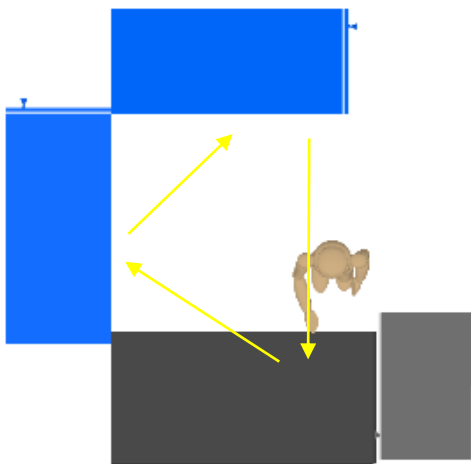


Figura 78 – Movimentos do operador durante o turno 1.

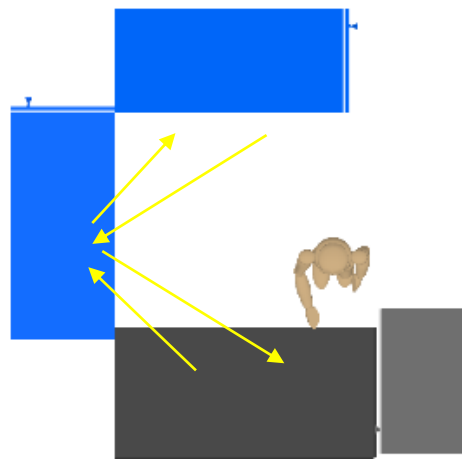


Figura 79 – Movimentos do operador durante o turno 2.

Montagem/Enchimento

Da análise efetuada ao processo de montagem/enchimento, verificou-se que apesar de os operadores terem métodos de trabalho semelhantes, regulavam manualmente a quantidade de resina epóxi (figura 80), assim como a prensagem manual dos condensadores (figura 81). A regulação manual consistia na regulação da quantidade de resina a ser colocada na base do copo, antes de efetuar o 1.º enchimento. Como se tratava de uma regulação manual, os operadores tinham a liberdade de controlar a quantidade de resina epóxi, tendo-se verificado que a quantidade nem sempre era a mesma. A prensagem do condensador consistia na remoção da gamela após o 1.º enchimento (resina epóxi ainda em estado líquido) e na introdução manual na prensa junto à entrada da estufa, para posteriormente retornar à gamela. Este aspeto representa uma oportunidade de melhoria, pois trata-se uma operação dependente da agilidade e sensibilidade de cada operador.



Figura 80 – Regulação manual 1º enchimento.

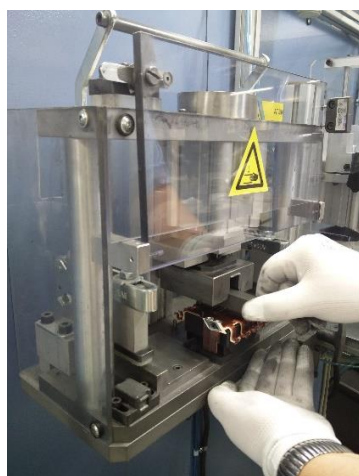


Figura 81 – Prensagem do condensador.

Medida/Ensaio

Da análise efetuada ao processo de medida/ensaio, detetaram-se tempos de espera dada a prática de métodos de trabalho diferentes entre os operadores. Pelos diagramas de sequência (figura 73 e 74), constatou-se que os operadores do turno 1 e 2 tinham métodos de trabalho semelhantes, enquanto o operador do turno 4 efetuava uma parte do processo de forma diferente, o qual originava um aumento dos tempos de espera e diminuição das operações de valor acrescentado. Esse tempo de espera estava diretamente relacionado com o momento em que o operador iniciava a marcação a laser dos condensadores e efetuava a verificação final. O operador do turno 1 e 2 efetuava a limpeza do primeiro condensador enquanto estava a ser efetuada a marcação a laser do segundo condensador. Nos restantes turnos o procedimento empregue era diferente. O operador do turno 4, após a introdução do primeiro condensador no equipamento de marcação, aguardava pelo fim do processo, e de seguida procedia à limpeza e calibração. Só depois de o primeiro condensador seguir para a limpeza final no *robot*, é que retornava ao local de marcação a laser e dava início à marcação do segundo condensador.

Apesar de não ter sido elaborado diagrama de sequência para o turno 3 e 5, foi possível constatar que o operador do turno 3 operava da mesma forma que os turnos 1 e 2, enquanto o operador do turno 5 adotava um método de trabalho semelhante ao do turno 4. Uma das causas da existência de métodos de trabalho incoerentes deve-se ao fato de os operadores dos turnos 4 e 5 serem operadores recentes, com menos experiência e falta de formação.

Sendo a MJ1 apoiada por um operador pivô, assim como os restantes postos da BE *Line 1*, este tem como principais funções a substituição dos restantes operadores nas suas pausas e o abastecimento de material de embalagem sempre que necessário. Em todo o caso, verificou-se que este operador pivô não tinha a mesma linha de ação nos vários turnos, ou seja, não seguiam o mesmo método de trabalho.

Também se verificaram situações onde não existia operador pivô num dado turno, causando a falta de apoio e consequentes tempos de espera na MJ1. O operador pivô do turno 1 fazia a montagem de caixas, finalizava o embalamento e sempre que estivesse livre e fosse necessário também auxiliava nas medições (introdução de condensadores nas gavetas), enquanto nos restantes turnos nem tal se verificava. Por exemplo, sempre que o operador do turno 2 finalizava o embalamento da caixa, as gavetas de medição já tinham finalizado o processo e estavam “à espera” do operador, o que não aconteceria se esse embalamento fosse efetuado pelo operador pivô.

Outro problema constatado relacionava-se com a duração da mudança de turno. Os operadores que iniciavam o turno, chegavam com muita antecendência e por vezes o diálogo gerado com os operadores que terminavam o turno da BE *Line 1*, resultavam na paragem antecipada da linha. Devido a todos estes métodos e procedimentos de trabalho incoerentes, tornou-se urgente a implementação de trabalho normalizado e respetiva formação dos operadores.

4.4.3 Existência de desperdícios

Soldadura automática

Na soldadura automática foi detetada a existência de tempos de espera no turno 1, ou seja, o operador do turno 1 aguardava pelo fim do processo de soldadura do *robot* 2. Este desperdício estava diretamente relacionado com a falta de procedimentos normalizados.

Montagem/enchimento

No posto de montagem/enchimento destaca-se o não aproveitamento da capacidade da estufa 3 (cura final), uma vez que os condensadores saíam com o avanço da última régua. Assim uma parte ficava vazia até novo avanço, não sendo aproveitado o calor da última régua (figura 82).



Figura 82 – Entrada e saída da estufa 3.

Verificou-se a existência de uma grande quantidade de condensadores que após o 3.º enchimento, ainda necessitavam de retrabalho, dada a falta de resina epóxi. Este problema devia-se à existência de um furo na “janela” (local de introdução da resina e onde as redes se soldam ao terminal). As figuras 83 e 84 permitem comparar o condensador com falta de resina com o condensador apto.

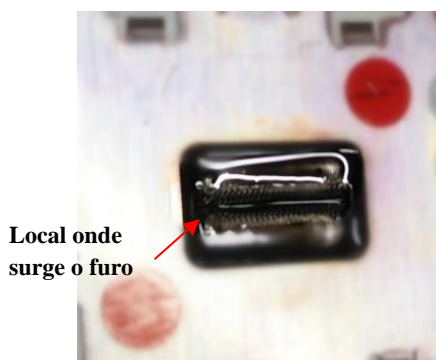


Figura 83 – Condensador com falta de resina epóxi após 3.º enchimento.



Figura 84 – Condensador apto para seguir para o posto de medida/ensaio.

Após o processo de soldadura, os blocos são colocados num tabuleiro e são levados para a estufa de secagem. O operador do posto da montagem/enchimento retira um tabuleiro de cada vez da estufa e coloca junto à estação de 1.º enchimento, à medida que vai necessitando. Sendo a quantidade de blocos por tabuleiro de 15 unidades. Cada régua da estufa 1 tem a capacidade para 10 condensadores, sendo que os restantes 5 blocos do tabuleiro aguardam pelo avanço da régua, ou pelas gamelas, até se proceder à sua montagem. Este tempo de espera faz com que a temperatura média do bloco, desde que sai da estufa até à montagem do condensador, seja inferior para os últimos cinco condensadores comparativamente com os dez primeiros. Essa diferença de temperatura origina um aumento no tempo médio na execução do 1.º enchimento por condensador, originado pela dificuldade da resina epóxi escorrer pela “janela” do condensador (tabela 16).

Tabela 16 – Tempo de duração do 1.º enchimento.

1.º Enchimento	Valores	
	Tempo médio por condensador	Desvio padrão
Primeiros 10 condensadores	39 s	2,982 s
Últimos 5 condensadores	49 s	1,581 s

Pela análise da tabela 16, apesar de ter um desvio padrão superior, os primeiros dez condensadores conseguem ter um tempo médio por condensador inferior, com uma diferença significativa em comparação ao tempo médio dos últimos cinco condensadores. Devido à falta de gamelas, os operadores tinham a necessidade de retirar os condensadores do tapete de arrefecimento para tabuleiros, ao contrário do que se pretendia, que era o operador do posto de medida/ensaio retirar o condensador diretamente do tapete de arrefecimento para a gaveta de medição.

Medida/Ensaio

Na análise efetuada a este posto, foram detetados diversos desperdícios com grande impacto na produção diária, nomeadamente, a demora/bloqueio do sistema informático devido a falhas recorrentes, um tempo de duração de medição de RIs elevado, tempos de espera, elevado número de interrupções na medição de uma encomenda, assim como um número elevado de repetições de medição de RIs para o mesmo condensador.

Relativamente à demora/bloqueio do sistema, verificava-se que, ao longo do dia, o sistema bloqueava, não permitindo a continuação das medições, o que originava a necessidade de reiniciar o sistema informático ou efetuar o “fecho de turno” e os consequentes grandes atrasos na produção.

Um outro desperdício identificado foi o número de vezes em que os operadores repetiam a medição de Ris para o mesmo condensador quando a primeira medição era considerada “não conforme”. Sempre que tal ocorria, o operador tinha de voltar a inserir os condensadores na gaveta de Ris e esperar por nova medição e repetia o procedimento três vezes consecutivas até poder considerar uma falha elétrica. A medição de Ris era o *bottleneck* do posto MJ1, e apresentava um tempo muito elevado. Com base nesse valor tornava-se impossível atingir o objetivo de produção proposto.

Outro ponto de melhoria era a existência de condensadores com falha mecânica (defeito visível), os quais não seguiam para o controlo final. Após validação do encarregado do setor, muitos desses condensadores podiam seguir com a encomenda, uma vez que eram defeitos aceitáveis. Os condensadores que não seguiam com a encomenda tinham de ser medidos, o que significava interromper a medição de uma outra encomenda na MJ1.

Apesar de o turno 1 apresentar o melhor método de trabalho, a sua produtividade era inferior, conforme se pode verificar na tabela 17. Tal devia-se ao fato de que as interrupções de encomendas para medição de condensadores retrabalhados serem realizadas no turno 1, visto o operador com essa função estar alocado nesse turno. Pela observação do trabalho, estas interrupções podiam atingir um total de 10 ocorrências por dia e cada uma poderia demorar mais de três minutos.

Tabela 17 – Produtividade no posto de medida/ensaio (MJ1).

Dia	Produção (peças/hora)		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3
12/03	190	236	209
13/03	160	297	210
14/03	195	283	220
15/03	199	239	217

Verificaram-se paragens na MJ1, pelo facto de o operador ter a necessidade de procurar condensadores em falta e que estavam em tabuleiros de outra encomenda. Este procedimento originava tempos de espera, e estavam também associados à falta de atenção dos operadores aquando a retirada dos condensadores do tapete de arrefecimento. Por todos os desperdícios identificados neste ponto e tratando-se do último posto da linha de fabrico do condensador, era fundamental a implementação de ações de melhoria.

Em virtude da análise crítica efetuada aos três processos (soldadura, montagem/enchimento e medida/ensaio), elaborou-se a tabela 18 onde se apresenta um resumo de todos os problemas e respetiva proposta de melhoria agrupados por processo.

Tabela 18 – Quadro síntese dos problemas e principais consequências.

Processo	Problema	Consequência do Problema
Soldadura	Falta de operadores na soldadura manual.	Contratação de novos operadores.
	Falta de método de trabalho.	Implementação de trabalho normalizado.
Montagem/ Enchimento	Existência de regulações manuais.	Colocação de um mecanismo automático.
	Não aproveitamento da capacidade das estufas.	Utilização do tempo de cura da última régua (de saída) da estufa 3.
	Deslocação manual do condensador.	Colocação de uma prensa junto à entrada da estufa.
	Tempos de espera.	Aquisição de gamelas.
	Excesso de retrabalho.	Alteração do tamanho da rede.
Medida/Ensaio	Tempo de medição RIS elevado.	Alteração da resistência de carga para 5 Megaohm.
	Excesso de retrabalho.	Formação dos novos operadores.
	Falta de método de trabalho.	Implementação de trabalho normalizado.
	Excesso de medições RIS.	Segunda medição automaticamente sempre que a primeira falhar.
	Sistema informático lento.	Intervenção do departamento de tecnologias de informação.

5. Implementação de propostas de melhoria

Este capítulo apresenta as propostas de melhoria aos problemas identificados na análise crítica realizada no capítulo anterior. Sempre que possível, será também apresentada a quantificação dos ganhos e benefícios obtidos com as melhorias implementadas.

5.1. Elaboração de um plano de ação de propostas de melhoria

Para auxiliar a implementação das propostas de melhoria, estas foram definidas através de um plano de ações usando a ferramenta 5W2H (tabela 19). Esta ferramenta permitiu organizar as ações e determinar uma metodologia para implementá-las de forma sistematizada.

Tabela 19 – Plano de ações de melhoria segundo a técnica 5W2H.

<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>	<i>How much</i>
Aumentar o n.º de turnos na soldadura manual.	Aumentar a produtividade na soldadura e de terminais pré-estanhados.	Soldadura manual	Sem 11	Recursos humanos	Contratação e formação de novos operadores.	n.d.
Implementação de trabalho normalizado.	Aumentar a produtividade.	Soldadura automática MJ1	Sem 14	Marta Sá Carlos Santos	Elaboração de instruções de trabalho.	n.d.
Alteração da forma de regulação de resina epóxi.	Eliminação de regulação manual. Diminuição retrabalho.	Montagem/enchimento	Sem 18	Departamento de manutenção	Implementação de um mecanismo junto à entrada da estufa.	n.d.
Alteração da prensa dos condensadores após 1.º enchimento.	Eliminação de movimentos desnecessários. Diminuição retrabalho.	Montagem/enchimento	Sem 17	Departamento de manutenção	Implementação de uma prensa junto à entrada da estufa.	n.d.
Utilização do tempo de cura da última régua da estufa 3.	Aproveitamento da capacidade total da estufa.	Montagem/enchimento	Sem 13	Departamento de manutenção	Mudar momento de saída da estufa 3.	n.d.
Aquisição de gamelas	Eliminação de tempos de espera.	Montagem/enchimento	Sem 13	Departamento de Manutenção	Gamelas para o condensador MKT1820S.	n.d.
Alteração do tamanho da rede.	Diminuição de retrabalho.	Corte de rede	Sem 15	Engenharia de processos	Corte da rede.	n.d.
Diminuição do tempo de medição de RIS (<i>bottleneck</i>).	Aumentar a produtividade no posto MJ1.	Medida/Ensaio MJ1	Sem 17	Departamento de tecnologias de informação	Alteração da resistência de carga para 5 Megaohm.	n.d.
Formação dos novos operadores.	Diminuição de retrabalho.	Medida/Ensaio MJ1	Sem 15	Marta Sá Carlos Santos	Formação em powerpoint (Marta Sá).	n.d.
Alteração da medição de RIS para o mesmo condensador	Aumentar a produtividade no posto MJ1.	Medida/Ensaio MJ1	Sem 17	Departamento de tecnologias de informação	Implementar 2ª medição automática se a 1ª falhar.	n.d.

“n.d. – não disponível”

5.2. Implementação das melhorias e análise dos seus resultados

5.2.1. Alteração da forma de regulação de resina epóxi

Foi implementado um sistema de regulação automático da quantidade de resina epóxi a colocar no copo de plástico para cada tipo de condensador, ou seja, em vez de o operador regular e confirmar a quantidade de resina a colocar de forma manual (figura 85), passou a ser necessário apenas girar um botão (figura 86). Esta proposta de melhoria permitiu o aperfeiçoamento do método de trabalho e diminuição do retrabalho após o 3.º enchimento.

Antes



Figura 85 – Regulação manual.

Após



Figura 86 – Regulação automática.

5.2.2. Alteração da prensa dos condensadores após 1.º enchimento

Após o 1.º enchimento, os operadores retiravam o condensador da gamela e manualmente realizavam a prensagem (figura 87). Tratando-se de uma movimentação manual e com a resina no estado líquido, optou-se por colocar a prensa à entrada da estufa (figura 88), sem a necessidade de retirar os condensadores da gamela e com prensagem automática, melhorando assim o método de trabalho e fomentando a diminuição da taxa de retrabalho.

Antes

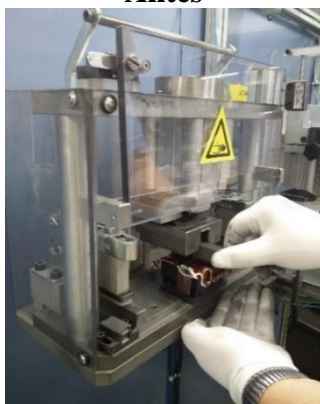


Figura 87 – Prensagem manual.

Após



Figura 88 – Prensagem automática (estufa).

5.2.3. Alteração do tamanho da rede

Um dos motivos de excesso de retrabalho na montagem/enchimento devia-se ao facto de uma grande quantidade de condensadores após a cura do 3.º enchimento não seguir para o posto de trabalho subsequente (medida/ensaio) por falta de resina epóxi na “janela”. Como proposta de melhoria optou-se por alterar o tamanho da rede, ou seja, cortar uma das extremidades, a que fica junto à “janela” do condensador (figura 89). Esta medida permitiu o aumento de produtividade nesse posto de trabalho devido à diminuição da taxa de retrabalho necessária.



Figura 89 – Proposta de alteração da rede.

Com a alteração da rede, da regulação de resina epóxi e da colocação da prensa, foi possível diminuir a quantidade de condensadores com necessidade de serem retrabalhados devido à presença de resina epóxi no copo. Com base na figura 90, da semana 9 para a semana 26, verificou-se uma diminuição em cerca de 52% na quantidade de condensadores com resina epóxi no copo. Através da utilização da linha de tendência obtida por regressão linear (linha vermelha), é visível analisar a tendência decrescente na quantidade de condensadores rejeitados devido à presença de resina epóxi no copo.

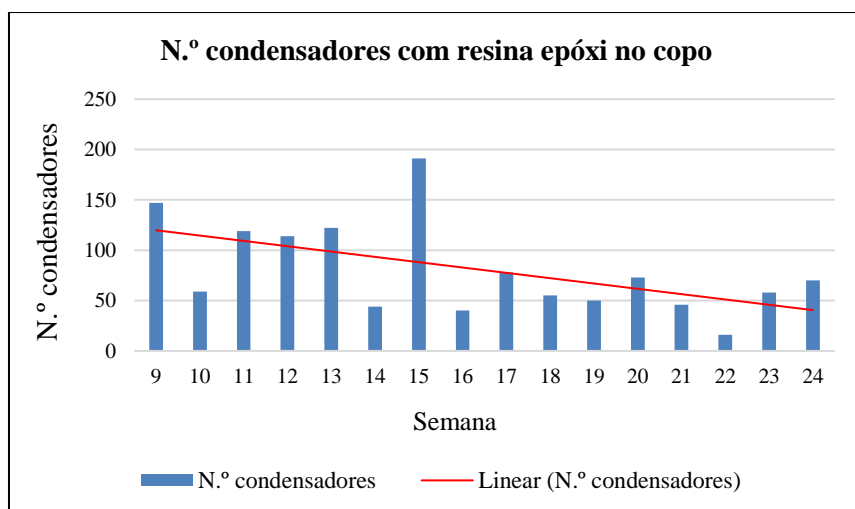


Figura 90 – Número de condensadores com resina epóxi no copo.

5.2.4. Utilização do tempo de cura da última régua da estufa 3

Esta proposta de melhoria consistiu no aproveitamento do calor de estufa da régua de saída da estufa 3 (cura final da resina epóxi), uma vez que os condensadores eram extraídos logo após o avanço na estufa, deixando a régua vazia cerca de 10 minutos antes de novo avanço (figura 91).

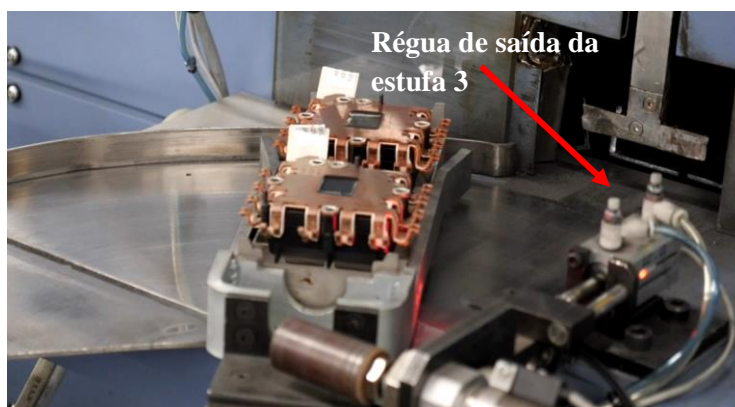


Figura 91 – Extração de condensadores da estufa 3.

Com vista ao melhor aproveitamento do tempo de cura na última régua (até então desperdiçado), a estufa foi programada para extrair os condensadores apenas quando faltasse cerca 1min30s para o avanço de régua (seria o tempo necessário para extrair a totalidade das gamelas). Com esta melhoria foi possível diminuir ao tempo de avanço da estufa originando um aumento da capacidade instalada da estufa 3 em 5% (tabela 20).

Tabela 20 – Alteração da capacidade instalada da estufa 3.

Equipamento	Capacidade instalada		Aumento da capacidade instalada
	Antes	Após	
Estufa 3	60 peças/hora	63 peças/hora	+ 5%

5.2.5. Formação de novos operadores

No processo de medida/ensaio detetou-se um elevado número de condensadores rejeitados por apresentarem um defeito visível (falha mecânica), assim como a existência de tempos de espera por métodos de trabalho incoerentes. Após análise, verificou-se que por falta de formação dos operadores, muitos desses condensadores poderiam ter seguido junto com a encomenda para o controlo final.

As falhas mecânicas eram sujeitas a uma análise por parte do encarregado de secção e posterior confirmação do departamento de qualidade. Sendo assim, foi preparada uma formação para todos os operadores desse centro operacional de trabalho, como esclarecimento do que é aceitável e do que pode ser considerado efetivamente como uma falha mecânica. Esta medida contribuiu para um aumento da produtividade no posto de trabalho de medida/ensaio.

5.2.6. Diminuição do tempo de medição de R_{IS}

Sendo a medição de R_{IS} o *bottleneck* da linha de produção em estudo, era necessário estudar a possibilidade de redução do tempo de medição. Para isso, foi solicitado junto do Departamento de Sistemas de Informação esse estudo. Conjuntamente chegou-se à conclusão que seria possível atingir esse objetivo com a alteração da resistência de carga para 5 Megaohm. Esta medida permitiu o aumento da capacidade superior a 30% do equipamento, conforme se pode verificar de medição para os dois tipos de condensador MKT1820S (tabela 21). Esta medida permitiu o aumento da capacidade instalada do equipamento de medição de R_{IS}.

Tabela 21 – Alteração do tempo de duração da medição de R_{IS}.

Tipo de condensador MKT1820S	Tempo de medição R _{IS} (segundos)		Aumento da capacidade instalada
	Antes	Após	
310 μ F	117	88	32,9%
470 μ F	137	98	39,8 %

5.2.7. Melhorar o tempo de duração de medições de R_{IS} consecutivas

No decorrer da análise ao posto de trabalho medida/ensaio, verificou-se a existência de um elevado número de medições de R_{IS} consecutivas para o mesmo propósito, ou seja, o operador efetuava três medições consecutivas até o sistema assumir como falha elétrica. Durante o estudo, verificou-se que sempre que o condensador falhava a segunda medição de R_{IS}, a terceira medição também obtinha o mesmo resultado, ou seja, concluiu-se que a terceira medição era desnecessária. De forma a ter dados para posterior análise, foi elaborado um registo de ocorrências e entregue a cada operador (figura 92).


Registo de ocorrências – MJ1		
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Data</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Turno</div> <div style="display: flex; gap: 5px;"> <div>1°</div><div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> <div>2°</div><div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> <div>3°</div><div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> <div>4°</div><div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> <div>5°</div><div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div> </div> </div>	
Descrição da Ocorrência	Coloque a causa e hora de cada vez que acontece	
Reinício do Sistema	__:__:__	__:__:__
	__:__:__	__:__:__
Fecho de Turno	__:__:__	__:__:__
	__:__:__	__:__:__
Repetição do Teste RIS (3 vezes) para o mesmo condensador		

Figura 92 – Registo de ocorrências – MJ1.

Em virtude de outros problemas no posto de trabalho, este registo foi criado também com o intuito de melhorar a performance do sistema informático, sendo esta outra proposta de melhoria a implementar. Foi solicitado aos operadores que registassem o número de vezes que ocorressem esses problemas, e semanalmente o resultado desse registo foi entregue e enviado ao departamento de tecnologias de informação. A MJ1 foi alvo de estudo pelo departamento de tecnologias de informação, tendo sido possível diminuir ao tempo de duração da medida de R1s para o mesmo condensador quando a primeira medição falha. Efetuou-se a alteração do programa para que sempre que falhasse a primeira medição, o equipamento automaticamente efetuasse segunda medição sem a necessidade de abrir a gaveta e inserir novamente o condensador (tabela 22). Os ganhos em termos redução do tempo de medição são superiores a 70% para os dois tipos do condensador.

Tabela 22 – Alteração do tempo de duração da medição de R1s sempre que falha a 1ª medição.

Tipo de condensador MKT1820S	Tempo de duração da medida de R1s quando falha a 1ª medição (segundos)		Redução do tempo de medição
	Antes	Após	
310 μ F	351	104	70.4%
470 μ F	411	114	72.3%

5.2.8. Melhorar a performance do sistema informático

No processo de medida/ensaio, os operadores tinham dificuldades de realização do trabalho devido a problemas com o sistema informático. O sistema de medida bloqueava e como resolução, os operadores ou reiniciavam ou efetuavam “fecho de turno”, e sempre que isso acontecia a produção parava. Com base nos dados retirados do registo, efetuado pelos operadores, o departamento de sistemas de informação dedicou-se a resolver com a maior celeridade possível (figura 93).

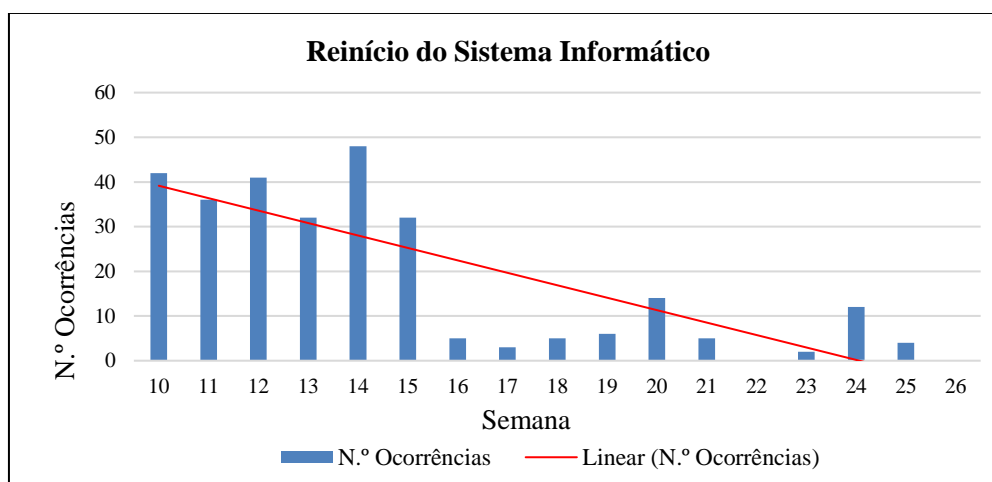


Figura 93 – Registo de ocorrências – reinício do sistema informático na MJ1.

5.2.9. Implementação de trabalho normalizado

Relativamente à implementação de trabalho normalizado, e com base nos dados obtidos no decorrer da análise, foi definido e elaborado um documento com os melhores procedimentos do método de trabalho, ou seja, um método eficaz e eficiente, com eliminação de desperdícios e métodos incoerentes.

Na soldadura automática, identificou-se a existência de tempo de espera no Turno 1, de acordo com o diagrama de sequência na secção 4.1.2 (figura 35), e que originava um tempo de ciclo superior ao do turno 2. Esse tempo de espera devia-se à ordem com que o operador acionava a soldadura dos dois *robots*, ou seja, o operador do turno 1 acionava o *robot* 1 antes do *robot* 2, e sendo o tempo de processo do *robot* 1 inferior ao do *robot* 2, quando retirava o *jig* do *robot* 1 e inseria no *robot* 2, este já tinha arrefecido e originava um tempo de processo do *robot* 2 superior. O operador do turno 2 efetuava primeiro a soldadura no *robot* 2 e depois deslocava-se novamente ao *robot* 1 e iniciava a soldadura. Isto permitia um menor arrefecimento do *jig* à entrada do *robot* 2 (quanto mais frio o *jig*, mais demorada é a soldadura). No posto de soldadura foi adotado e implementado, para todos os turnos, o método de trabalho do turno 2.

Na montagem/enchimento, os métodos de trabalho dos vários operadores em todos os turnos eram semelhantes, tendo sido apenas detetadas as falhas na regulação da resina epóxi e prensagem dos condensadores (ações de melhoria já descritas). Também foi identificado um aumento do tempo com que o operador efetuava o 1.º enchimento para os últimos 5 condensadores do tabuleiro, tendo sido proposta a alteração de 15 para 10 blocos/tabuleiro. Considerando uma produção diária de 840 condensadores, divididos por 56 tabuleiros, a proposta de alteração representa um ganho de 46 minutos no tempo total do 1.º enchimento para 840 condensadores.

Na medida/ensaio, foram identificados diferentes métodos de trabalho (Figura 73 e 74), sendo o do turno 1 e 2 o melhor método de trabalho apesar de inicialmente não conseguir atingir as produções necessárias devido à existência de desperdícios na MJ1. Sendo a medição de R1s o *bottleneck* da MJ1, propôs-se a implementação do método de trabalho mais eficiente na realização das tarefas, de acordo com o diagrama de sequência proposto na (figura 94), que permitia a eliminação do tempo de espera no turno 1 e 2. Quando o operador aciona a primeira marcação a laser, ou seja, antes de retirar o 2.º condensador do equipamento de medição de capacidade, este aciona a marcação a laser, uma vez que o condensador já lá está inserido (figura 95). Como o operador só pode acionar a marcação a laser, após a validação da capacidade, por exigência do sistema informático, o 2.º condensador é retirado do equipamento de medição da capacidade/Tan δ /ESR. Após a remoção do 2.º condensador, o operador desloca-se até ao posto de verificação, e retira o 1.º condensador do equipamento de marcação a laser. Este retorna ao posto de marcação, insere o 2.º condensador (figura 96) e retorna ao posto de verificação, e inicia a limpeza do 1.º condensador.

Gráfico de Sequência: Executante					
Data: 25/03/2018		Hora:		Resumo	
Gráfico n.º 3		Atividade		Atual	Proposto
Posto de trabalho: MJ1		Operação	●	14	
Operador: Turno 1 e 2		Transporte	→	5	
Método	Atual	Controlo	■	0	
	Proposto	Espera	D	2	
Elaborado por: Marta Sá		Data: 09/03/2018	Armazenamento	▼	0
Aprovado por:		Data:	Total tempo (s)		1min09s
			Total distância (m)		5 m

Descrição	Símbolos					Observações
	●	→	■	D	▼	
O operador abre a gaveta de teste de tensão, retira os condensadores (antes da gaveta de medida de RIS terminar o ciclo) e coloca-os em cima da outra gaveta de teste de tensão.	●					
Retira dois condensadores do tapete de arrefecimento e introduz na gaveta de teste de tensão vazia.	●					
O operador desloca-se até à gaveta de medida de RIS, abre a gaveta e retira os dois condensadores. Coloca-os na mesa de apoio.	●					
Coloca os dois condensadores retirados anteriormente da gaveta de teste de tensão e introduz na gaveta de medida de RIS.	●					
O operador desloca-se até ao posto de medição da capacidade/Tanδ/ESR.	●					
O operador inicia a medição da capacidade/Tanδ/ESR do 1.º condensador.	●					
O operador aguarda pela validação.						
Retira o 1.º condensador, e insere-o no equipamento de marcação a laser.	●					
O operador insere o 2.º condensador no equipamento de verificação de capacidade/Tanδ/ESR.	●					
O operador aguarda pela validação.						
Aciona o equipamento de marcação a laser. Retira o 2.º condensador, e coloca-o na mesa de apoio.	●					
Desloca-se ao local de verificação visual.	●					
Retira o 1.º condensador do equipamento de marcação a laser e segura com a mão direita.	●					
Retorna ao equipamento de marcação a laser.	●					
Insere o 2.º condensador no equipamento de marcação a laser e aciona o início da marcação.	●					
Retorna ao local onde efetua inspeção visual e limpeza do 1.º condensador.	●					
Efetua a verificação visual e limpeza do 1.º condensador enquanto é efetuada a marcação a laser do 2.º condensador.	●					
Efetua a calibração/robot de limpeza.	●					
Retira o 2.º condensador do equipamento de marcação a laser e procede à verificação visual e limpeza.	●					
Efetua a calibração/robot de limpeza.	●					
Retorna à gaveta de teste de tensão e inicia novo ciclo.	●					

Figura 94 – Diagrama de sequência – método proposto – MJ1.



1.º condensador pronto para ser marcado a laser.

Figura 95 – Medição da capacidade do 2.º condensador.

1.º condensador pronto para ser verificado e limpo.

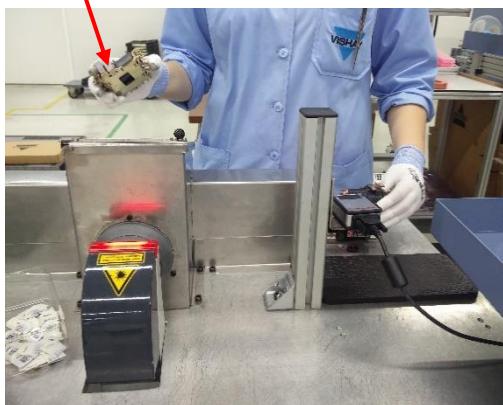


Figura 96 – Introdução do 2.º condensador na marcação a laser.

O método proposto permitiu a eliminação do tempo de espera e uma diminuição de 3 segundos no tempo de ciclo médio do turno 1 e 2.

Além da análise da sequência de tarefas dos três processos produtivos, o método de trabalho do operador pivô também foi alvo de análise, uma vez que se verificou uma incoerência no apoio aos operadores da MJ1 por parte dos operadores pivô. Identificaram-se quais as tarefas a serem realizadas pelo operador pivô, de forma a manter a MJ1 sem paragens. Assim, normalizaram-se as atividades de auxílio ao operador do posto de medida/ensaio de forma cíclica e em conjunto com o operador da MJ1 (figura 97).



Figura 97 – Apoio do operador pivô no posto de trabalho MJ1.

Após a elaboração e aprovação do documento de trabalho normalizado junto dos responsáveis, seguiu-se a entrega e formação dos operadores intervenientes no posto de medida/ensaio. Estes documentos podem ser consultados no Apêndice I e II. Com esta ação de melhoria, foram possíveis a eliminação de métodos de trabalho incoerentes e os desperdícios identificados nos três processos.

5.2.10. Medidas com vista à redução dos tempos de espera

De forma a colmatar a falta de operadores na soldadura manual, causa da falta de blocos e terminais pré-estanhados, foi solicitado junto do departamento de recursos humanos a contratação de operadores. Esta medida permitiu aumentar a produtividade na soldadura manual, através da redução dos tempos de espera.

Uma das causas da existência de tempos de espera na montagem/enchimento era a falta de gamelas. Sendo assim, foi solicitado ao departamento de manutenção a compra de novas gamelas. Esta medida permitiu a eliminação de tempos de espera e a diminuição da duração do 1.º enchimento por falta de gamelas e a espera dos blocos fora da estufa (a resina tem mais dificuldade a escorrer).

5.3. Avaliação do impacto das medidas de melhoria na produtividade

Todas estas ações de melhoria implementadas foram essenciais para o aumento de produção nos três processos. Foram assim registados os dados da produção ao longo das semanas de duração do projeto de dissertação nos três processos produtivos, com vista à análise tendência de crescimento.

5.3.1 Impacto na produtividade semanal

Relativamente à soldadura manual, era ambicionado um aumento de produção de 15 para 25 peças/hora através da contratação de novos operadores e aumento do número de turnos, de 2 para 3 turnos em 5 dias/semana. A figura 98 evidencia a tendência produção semanal do posto de soldadura manual desde a semana 9 à semana 26. A partir da semana 24 o crescimento da produção é mais acentuado, devendo-se ao aperfeiçoamento e rapidez de execução dos novos operadores. Devido a falta de material, não foi registada qualquer produção nas semanas 12,13 e 16.

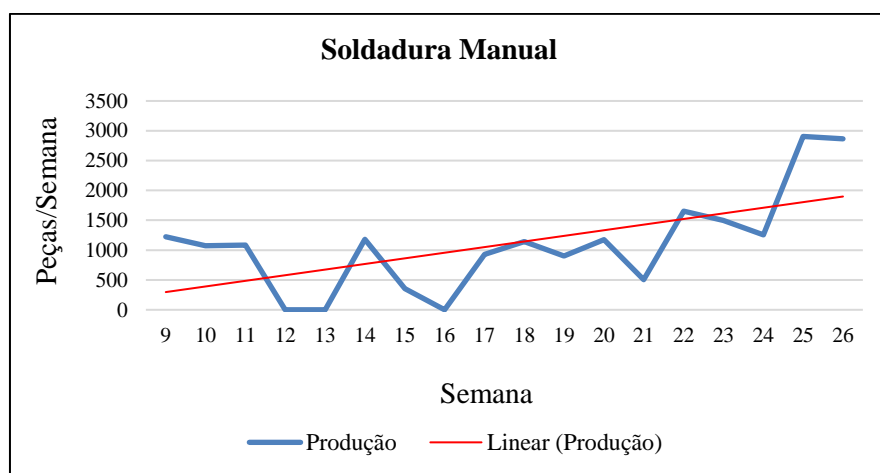


Figura 98 – Evolução da produção (peças/semana) – soldadura manual.

No que diz respeito ao posto de soldadura automática, pretendia-se o aumento de produção de 25 para 30 peças/hora com o funcionamento de 5 turnos em 7 dias/semana. Pela análise da

produção/semana do posto de soldadura automática, a tendência de crescimento não se destaca da mesma forma que a soldadura manual (figura 99), isto porque, dado o nível de automatização do processo, o objetivo de produção já se encontrava muito próxima do proposto.

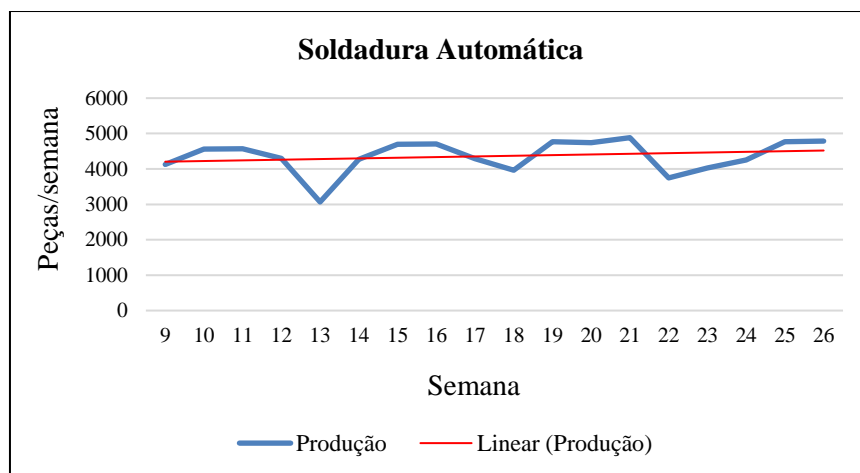


Figura 99 – Evolução da produção (peças/semana) – soldadura automática.

No que diz respeito à montagem/enchimento é evidente o aumento ao longo das semanas (figura 100). A montagem/enchimento continuaria a funcionar em 5 turnos, 7 dias/semana, e as principais melhorias implementadas basearam-se na eliminação de desperdícios relacionados com o equipamento. Apesar de o objetivo proposto não ter sido atingido ficou muito próximo.

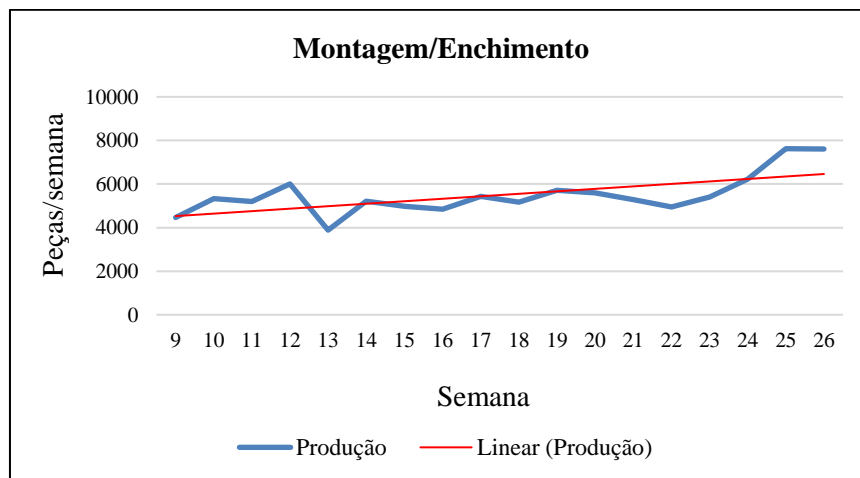


Figura 100 – Evolução da produção (peças/semana) – montagem/enchimento.

No processo de medida/ensaio, a produção deveria funcionar em 5 turnos, 7 dias/semana. Analisando a figura 101, torna-se evidente a grande melhoria verificada ao longo das semanas. Verifica-se um aumento a partir da semana 22, momento em se verificou o melhoramento da performance do sistema informático (sustentada pela melhoria da figura 92, registo de ocorrências na MJ1). Note-se que uma grande parte do tempo do projeto de dissertação foi dedicada a este posto de trabalho, uma vez que este tinha sido identificado como o *bottleneck* da linha de produção.

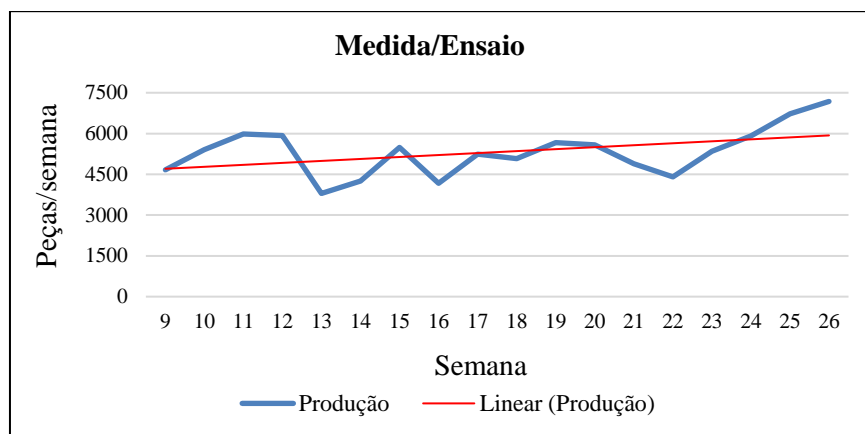


Figura 101 – Evolução da produção (peças/semana) – medida/ensaio.

5.3.2 Impacto na produtividade peça/hora

Uma vez que foram estabelecidas metas específicas de produtividade a atingir com a elaboração deste projeto, é de extrema importância a análise da evolução da produção em peças/hora com base nas horas efetivamente trabalhadas, de forma a avaliar o desempenho real dos operadores. Contrariamente à análise da produção semanal, esta análise peça/hora permite retirar da avaliação as condicionantes de funcionamento do sistema produtivo que não se relacionam com aspetos da produção propriamente dita. Isto porque foi verificado que uma produção/semana insuficiente pode estar próxima ou mesmo ultrapassar o objetivo proposto em peças/hora, e vice-versa. Estes factos justificam a análise da produção peças/hora em cada processo produtivo em estudo.

Em relação à soldadura manual, onde a ação de melhoria se baseou na contratação de novos operadores, verifica-se que a produção peças/hora tem uma tendência de crescimento muito semelhante à produção peças/semana como apresentado na figura 102. Na semana 26 a produção peça/hora (24 peças/hora) aproximou-se do objetivo definido (25 peças/hora).

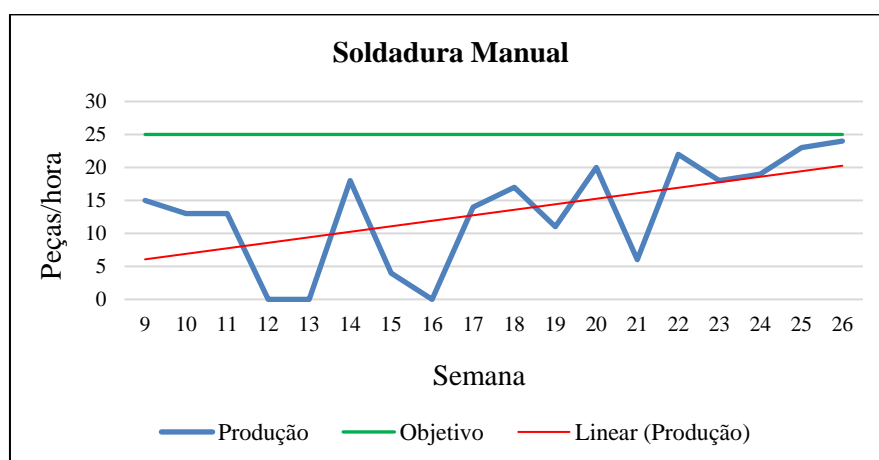


Figura 102 – Evolução da produção (peças/hora) – soldadura manual.

Por sua vez, na soldadura automática a produtividade em peças/hora apresenta uma maior tendência de crescimento, uma vez que foram implementadas melhorias relacionadas com método de trabalho dos operadores (figura 103).

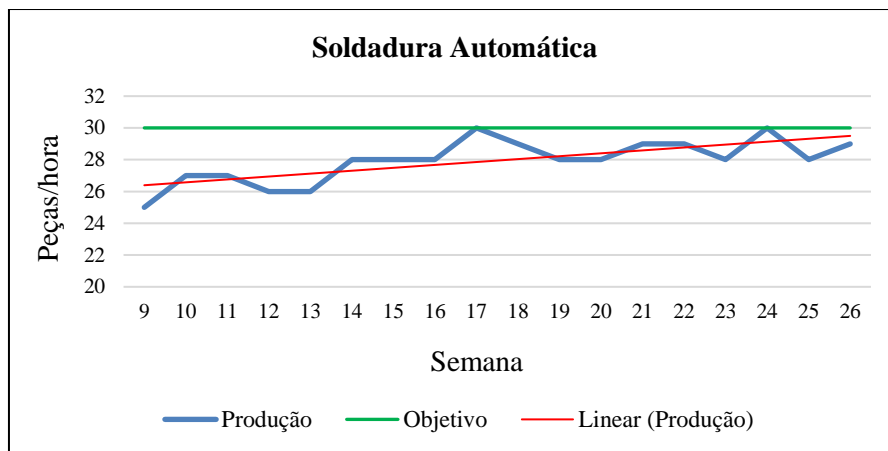


Figura 103 – Evolução da produção (peças/hora) – soldadura automática.

Relativamente à montagem/enchimento, verificou-se uma grande variabilidade da produção ao longo das semanas de elaboração do projeto. Desta forma, a tendência de crescimento produção em peças/hora é muito ténue (figura 104), isto deve-se ao fato de naquele posto de trabalho, basicamente terem sido implementadas ações de melhoria relacionadas com a eliminação de desperdícios e alterações em equipamento. Essas medidas permitiram a diminuição do número de condensadores que precisavam de serem retrabalhados após o 3.º enchimento, ou seja, os operadores faziam na mesma os três enchimentos, mas após a cura não seguiam para o posto seguinte, não sendo contabilizados na produção.

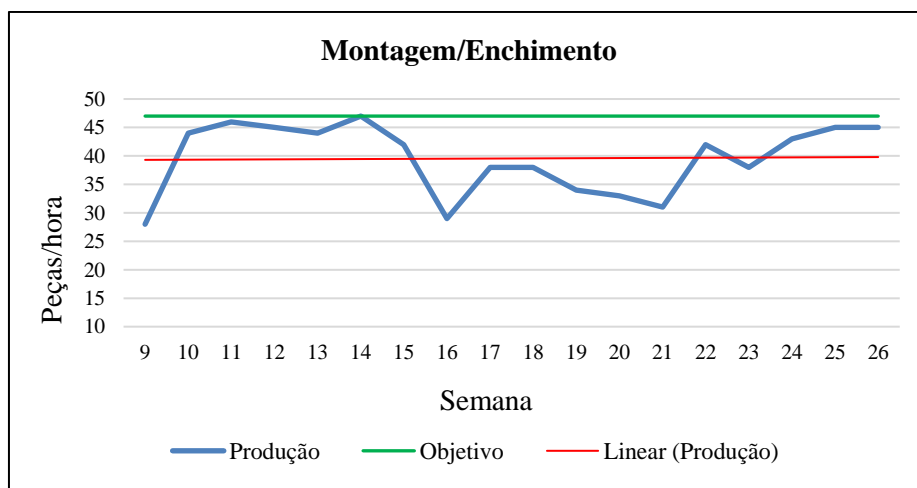


Figura 104 – Evolução da produção (peças/hora) – montagem/enchimento.

Por fim, no processo de medida/ensaio, a produção em peças/semana e peças/hora apresentam tendências de crescimento idênticas, sendo perceptível o aumento ao longo das semanas devido às várias ações de melhoria implementadas ao longo das semanas (figura 105). Nota-se uma crescente melhoria a partir da semana 22, coincidindo com a melhoria de performance do sistema informático.

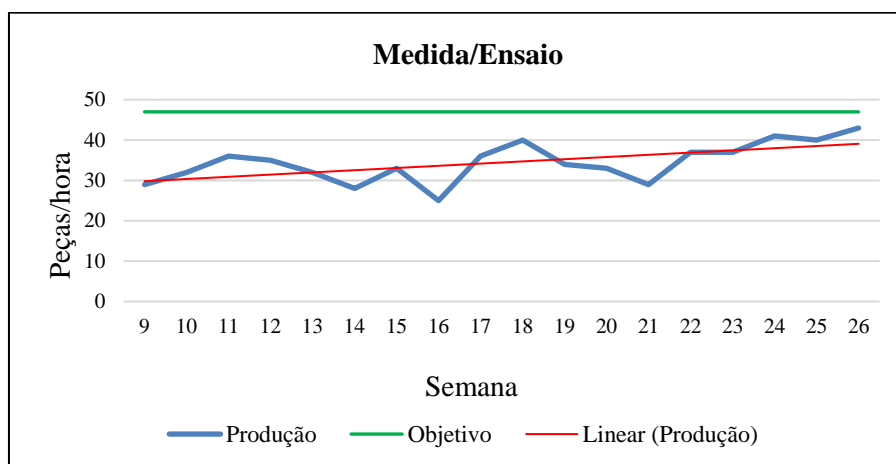


Figura 105 – Evolução da produção (peças/hora) – medida/ensaio.

Como já foi referido anteriormente, algumas ações de melhorias possibilitaram a diminuição da quantidade de condensadores identificados como falhas (mecânicas e elétricas) (figura 106). Todas as falhas eram alvo de confirmação pelo encarregado do setor e departamento da qualidade que decidia se eram rejeitados ou alvo de retrabalho, sendo que a encomenda com os condensadores bons apenas seguia para o cliente quando os condensadores retrabalhados fossem novamente medidos. A diminuição da percentagem de falhas deveu-se principalmente à implementação de alteração de equipamentos no posto de montagem/enchimento e formação dos operadores na medida/ensaio.

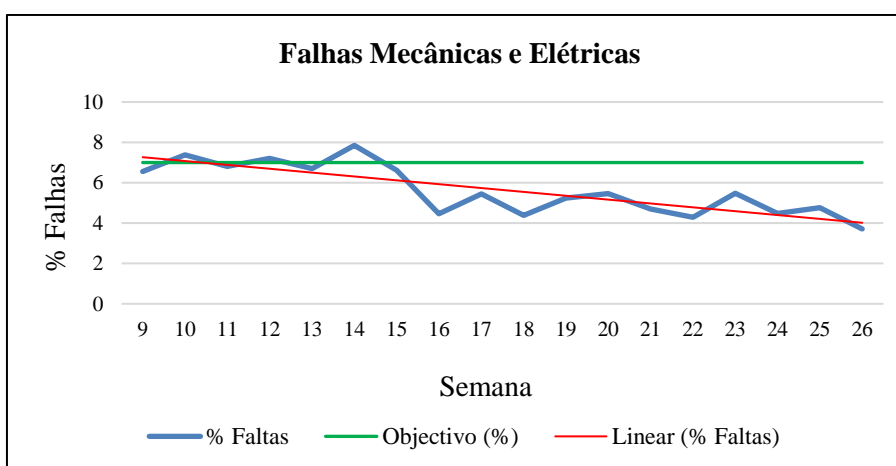


Figura 106 – Percentagem de falhas mecânicas e elétricas.

5.4. Síntese dos ganhos e benefícios do plano de ação de melhorias

Com a implementação das ações de melhoria, e de forma a analisar o impacto do resultado obtido, procedeu-se ao mapeamento do fluxo de valor, através da elaboração do mapeamento da cadeia de valor (aplicação da ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM)). Para isso, foi necessário um acompanhamento de todos os processos da produção de um condensador, ou seja, desde a bobinagem até à expedição. Dada a extensão e complexidade do VSM, optou-se por disponibilizá-lo digitalmente através do *QRcode* apresentado no Apêndice III.

Os ganhos quantificados com recurso a esta ferramenta foram sumariados em termos de *throughput time* na tabela 23. O *throughput time* corresponde ao tempo desde o início de produção da encomenda (bobinagem) até ao envio da encomenda para o cliente. Optou-se por este indicador, dado o desconhecimento dos tempos entre a ordem de encomenda e do início da bobinagem, assim como o tempo entre a expedição e entrega ao cliente. Pela análise do VSM, foi possível obter uma diminuição de 9% no *throughput time*, comparado com os valores registados antes do início do projeto de dissertação.

Tabela 23 – Valor do *throughput time*.

	VSM (antes melhorias)	VSM (após melhorias)	Ganho
<i>Throughput time</i>	13,46 dias	12,25 dias	1,21 dias

As implementações das propostas de melhoria permitiram o aumento da produção de 4.664 condensadores da semana 9 para 7.181 condensadores na semana 26, ou seja, verificou-se um aumento de 53,97% da produção semanal. Embora os objetivos das metas produtivas definidas no início do projeto não tenham sido atingidos na totalidade, considera-se que as medidas implementadas conduziram a resultados bastante satisfatórios. Apresenta-se a figura 107, onde são comparados os resultados da produção na semana de início do projeto e na semana 26.

No processo de soldadura manual não foi atingido o objetivo das 25 peças/hora, no entanto atingiu-se as 24 peças/hora. Na soldadura automática atingiu-se uma produção de 29 peças/hora, valor igualmente próximo ao objetivo traçado de 30 peças/hora. Foi no processo de soldadura onde se registou o menor desvio em relação ao objetivo proposto.

No processo de montagem/enchimento, ao final da semana 26 atingiu-se uma produção de 45 peças/hora, o que representou um aumento da produção de cerca de 61%, face à semana 9.

O processo onde se verificou um maior desvio entre o objetivo e o resultado obtido foi a medida/ensaio, tendo-se verificado um aumento de 48% em peças/hora produzidos (43 peças/hora) invés dos 62% pretendido (47 peças/hora). Apesar de o objetivo não ter sido atingido, o resultado obtido já seria suficiente para dar resposta às necessidades da VEP, daí terem considerado que os objetivos tinham sido alcançados.

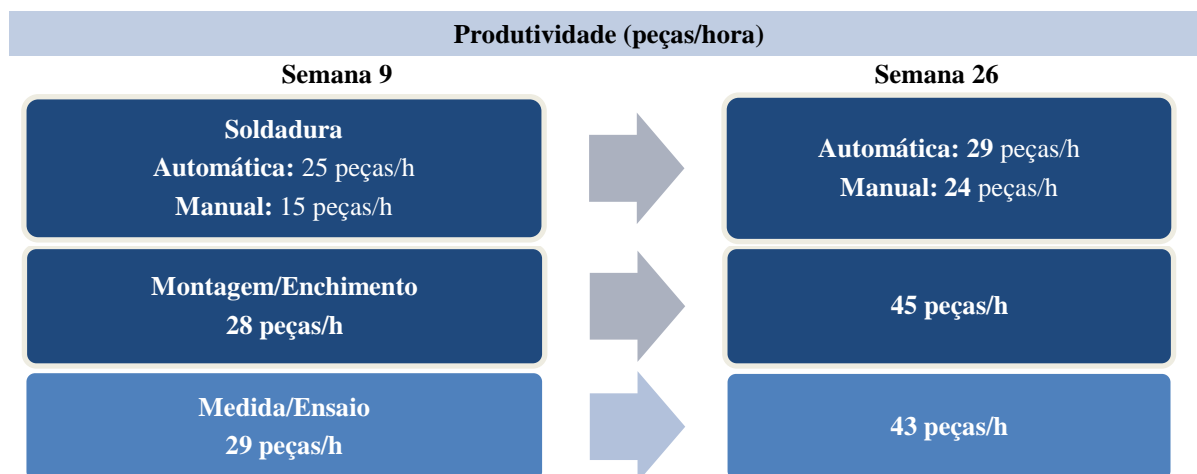


Figura 107 – Produtividade antes e após implementação de melhorias.

Resultado do plano de ação de melhorias implementadas aos três processos, destaca-se o resumo de todos os ganhos e benefícios agrupados por processo e associadas a uma proposta de melhoria, apresentada na tabela 24.

Tabela 24 – Resumo dos ganhos por processo de trabalho.

Processo	Proposta de melhoria	Ganho	
Soldadura manual	Contratação e formação de novos operadores.	Aumento da produção semanal na ordem dos 34%.	
Soldadura automática	Formação dos operadores.	Aumento da produtividade em peças/hora na ordem dos 16%.	
Montagem/ enchimento	Implementação de mecanismo junto à entrada da estufa.	Diminuição em cerca de 52% do retrabalho.	Aumento da produção semanal na ordem dos 42%.
	Implementação de uma prensa junto à entrada da estufa.		
	Alteração do tamanho da rede.	Aumento da capacidade instalada da estufa em 5%.	
	Alteração do momento de saída da estufa 3.		
	Aquisição de gamela.	Diminuição do tempo de duração do 1.º enchimento e eliminação de tempos de espera.	
Medida/ensaio	Alteração da resistência de carga para 5 Megaohm.	Aumento da capacidade instalada do equipamento de medida de RIS (<i>bottleneck</i>) superior a 30%.	Aumento de 53,97% da produção semanal.
	Implementar uma segunda medição automaticamente sempre que a primeira falhar.	Diminuição em cerca de 70% do tempo de duração da medida de RIS (<i>bottleneck</i>) sempre que falha a 1ª medição.	
	Intervenção do departamento de tecnologias de informação.	Diminuição do n.º de ocorrências na MJ1 (de 42 ocorrências (semana 9) para 0 ocorrências (semana 26).	
	Acompanhamento e formação dos novos operadores.		

As ações de melhoria implementadas possibilitaram um aumento da produtividade da linha de produção do condensador em estudo, dando origem a um aumento da faturação semanal da VEP na ordem dos 62.925 € semanais. Partindo do princípio de que o valor da produção semanal se manteria dentro dos valores propostos, e assumindo que um mês corresponde a 4 semanas e um ano a 52 semanas, o aumento da faturação poderia ultrapassar os 3 milhões de euros anuais (figura 108). Estes valores, relativos aos ganhos económicos resultantes do aumento de produtividade da BE *Line 1* foram obtidos por intermédio do departamento financeiro da VEP.

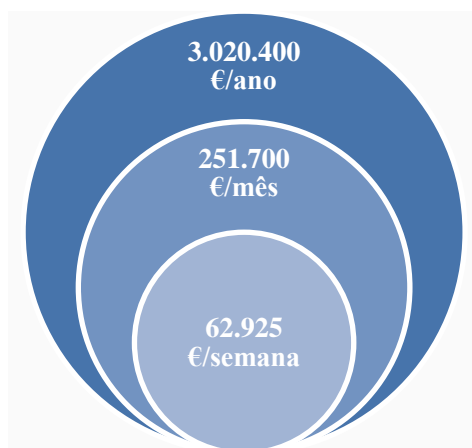


Figura 108 – Aumento da faturação do condensador em estudo.

6. Conclusões e trabalho futuro

No presente capítulo são apresentadas as conclusões alcançadas neste projeto de dissertação, considerando os objetivos propostos e alcançados por meio do trabalho efetuado na empresa VEP. Adicionalmente, são deixadas algumas propostas a desenvolver como trabalho futuro.

6.1 Principais conclusões

O objetivo deste projeto de dissertação foi melhorar a produtividade de uma linha de produção da empresa *Vishay Electrónica Portugal*, através da aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing*. Para isso, foi necessário estudar e caracterizar a situação atual dos postos de trabalho em estudo, seguindo metodologias do estudo e organização do trabalho, de forma a avaliar os métodos e tempos de execução das várias tarefas executadas.

Para a análise inicial, foi fundamental trabalhar com os operadores de todos os turnos, acompanhar presencialmente todos os processos e compreender o desenvolvimento do produto de forma a identificar o fluxo de materiais e informação. No início do projeto, houve alguma resistência por parte dos operadores em relação às mudanças, mas, com o decorrer do tempo, essa adversidade foi colmatada à medida que se ia explicando os motivos e benefícios das alterações que estavam a ser realizadas, resultando numa aceitação razoável às medidas tomadas.

Com a análise efetuada, verificou-se uma produção insuficiente associada a vários problemas, como a falta de operadores, existência de métodos de trabalho incoerentes, o não aproveitamento da capacidade instalada dos equipamentos, as deslocações e regulações manuais, o excesso de medições, lentidão do sistema informático, tempos de espera e excesso de retrabalho. Após a identificação dos problemas, foram propostas e implementadas ações de melhoria, e compreenderam a uniformização de métodos de trabalho, a eliminação dos desperdícios e melhoramento da performance do sistema informático.

Com a implementação das propostas de melhoria, foram analisados os valores de produção obtidos e estimou-se o ganho financeiro obtido. A implementação da normalização de trabalho e eliminação de desperdícios permitiu um aumento, da semana 9 à semana 26, de 2.517 peças, ou seja, de 53,97% na produção semanal do condensador MKT1820S.

Em suma, a implementação do conjunto de melhorias reverteu em um aumento na faturação da VEP na ordem dos 62.925 € semanais. Em forma de conclusão e com base no trabalho efetuado na empresa, desde a revisão dos conceitos teóricos à implementação de medidas, pode-se afirmar que foi possível melhorar o processo produtivo da linha de produção através da aplicação de ferramentas *Lean*.

6.2 Trabalho futuro

Para trabalho futuro recomenda-se que a VEP dê continuidade à implementação das ferramentas *Lean* em toda a linha de produção, de forma a dar seguimento ao trabalho já realizado, assim como a outras sugestões de melhoria que ainda não foram postas em prática no processo de medida/ensaio. Exemplos dessas medidas são a redução da duração da limpeza final efetuada pelo *robot*, a melhoria no sistema de marcação a laser e a substituição do calibre. Também seria importante apostar na formação contínua dos operadores, de maneira a criar uma equipa com competências melhoradas.

Além disso, seria relevante a implementação da filosofia *Lean* a todos os produtos da VEP, adotando estratégias para a diminuição de desperdícios e consequentemente fomentando o aumento de rendimento e do lucro financeiro, como um processo repetitivo de melhoria contínua.

Referências bibliográficas

- Almeida, F. (2015). Implementação de princípios e ferramentas de produção lean na secção de acabamentos de uma empresa de peças metálicas para automóveis. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho.
- Alves, A., Carvalho, D., & Sousa, R. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies agility. *The Learning Organization*. 19 (3), 219–237. Esmerald Group Publishing Limited. DOI 10.1108/09696471211219930.
- Barnes, R. (1977). Estudo de movimentos e de tempos: Projeto de medida e do trabalho. Tradução da 6ª edição. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo.
- Bragança, S., & Costa, E. (2015). An application of the Lean Production Toll Standard Work. *Jurnal Teknologi*, 76:1, 47–53. DOI: 10.11113/jt.v76.3659.
- Cevikcan, E., Kilic, H. (2016). Tempo rating approach using fuzzy rule based system and Westinghouse Method for the assessment of normal time. *International Journal of Industrial Engineering*, 23(1), 49-67.
- Faria, A. (2009). Melhorar o desempenho de equipas de trabalho em células de montagem final de auto-Rádios. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho.
- Ferreira, A. (2017). Sebenta de estudo do trabalho e ergonomia - Universidade Lusíada.
- Gomes, L, Corrêa, R. (2017). Utilização do Overall Equipment Effectiveness (OEE) em células de manufatura considerando o takt time. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, Ano 14, nº 3, 276-294. DOI: 10.15675/gepros.v13i3.1960.
- Hines, P., Silvi, R., & Bartolini, M. (2002). *Lean Profit Potential* (Peter Hine). Lean Enterprise Research Centre. ITC.
- Kanawaty, George (1992). *Introduction to Work Study* (4ª edição). International Labour Office Geneva.
- Langley, G., Moen, R., Nolan, K., Nolan, T., Norman, C., & Provost, L. (2009). *The improvement guide - A practical approach to enhancing organizational performance* (2a Edição). Jossey-Bass.
- Lima, A. (2015). Study of the tightness of the metallization used on top of a thin film capacitor cell. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Materiais, Universidade do Minho.
- Lopes, S. (2012). Aplicação de Standard Work e de outras ferramentas de Lean Production numa





- empresa de elevadores. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade do Minho.
- Martins, I. (2017). Análise e Desenvolvimento de uma Aplicação de Monitorização de Produção. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas, Universidade do Minho.
- Monden, Y. (1998). Toyota Production System: an integrated approach to Just-In-Time. Norcross: Engineering and Management Press.
- Mor, Rahul S., Bhardwaj, Arvind, Singh, Sarbjit, Sachdeva, Anish (2018). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. Journal of Manufacturing. Technology Management. Esmeralda Publishing Limited. Vol 30, N.º 6, 899-919, . <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>.
- Nacional Council Research Canada. (2004). Principles of lean thinking - tools & techniques. Industrial Technology Centre. Advanced Manufacturing News.
- Pereira, R. (2014). Aplicação ferramentas lean em empresa vestuário. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial, Universidade do Minho.
- Pinto, J. (2016). Cálculo do OEE e proposta de implementação da metodologia TPM na Tridex Lda. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Pinto, J. P. (2014). Pensamento LEAN - A filosofia das organizações vencedoras (4a Edição). Lidel - Edições Técnicas Lda.
- Prada, D. (2015). Melhoria da Produtividade numa linha de produção. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Porto.
- Santos, Z. G. dos, Vieira, L., & Balbinotti, G. (2015). Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry. Procedia Manufacturing, 3(Ahfe), 5947–5954. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.687>.
- Shingo, S. (1989). A study of the Toyota production system (Revised Ed). Productivity Press. Cambridge.
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. Administrative Science Quarterly, 23(4), 582.
- VEP (2019). Vishay Interchnology webpage. Obtido em 19 de setembro de 2019. www.vishay.com
- Weigel, A. L. (2000). A Book Review : Lean Thinking by Womack and Jones. Institute of Technology. Massachusetts.

- Wirndahl, H.-P., Reichardt, J., & Nythuis, P. (2015). Handbook factory planing and design. Springer-Verlag.
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection. Harvard Business Review, 74(5), 140-144.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world. Macmilian.Rawson Associates. New York.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (2^a ed.). Touchstone Books. London.
- Pike, J. (1964). Time and Motion Study. Esmerald Insight. Volume 13, N.º 10, 9-49.
<http://dx.doi.org/10.1108/eb048188>.

Apêndice I – Registos de formação na medida/ensaio – normalização do trabalho.

MOD-HR-F006

Apêndice II – Documento normalização do trabalho - Sequência de tarefas – MJ1.

 Vishay Film Capacitors	Sequência de Tarefas – Ensaio e Medida Teste a 100% - Michael Jackson - MJ	
Início de Ciclo		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir a gaveta do Tratamento de Tensão, retirar os condensadores e coloca-los no suporte branco da outra gaveta de tratamento de tensão. 2. Retirar novos condensadores do tapete e coloca-los na gaveta do Tratamento de Tensão. 		
<ol style="list-style-type: none"> 3. Abrir a gaveta do Teste de RIS, retirar os condensadores e coloca-los no tapete ao lado. 4. Colocar os condensadores colocados no suporte branco na gaveta do Teste de RIS. 	 	



5. Realizar a medida de Capacidade, Tangente e ESR ao 1º condensador. Depois de medido, coloca-lo no tapete do equipamento de marcação a laser.



6. Colocar o 2º condensador na medida de capacidade, e de seguida colocar o 1º condensador no equipamento de marcação a laser (não carregar nos botões “start”).
7. Logo que a medida de capacidade do 2º condensador termine, carregue nos botões “start” do equipamento de marcação a laser, e de seguida retire o 2º condensador da medida de capacidade.
8. Enquanto o equipamento faz a marcação a laser do 1º condensador, humedeça o pano em álcool para a etapa seguinte.





9. Retirar o 1º condensador do equipamento de marcação.
10. Colocar o 2º condensador no equipamento de marcação, utilizando a mão esquerda e carregar nos botões “start” para iniciar a marcação do 2º condensador. Iniciar a limpeza de marcação e verificação ao 1º condensador.
11. Colocar o 1º condensador no calibrador e robot de limpeza.
12. Caso seja necessário, humedeça novamente o pano para a etapa seguinte.



13. Realizar a limpeza de marcação e verificação do 2º condensador, simultaneamente que o robot limpa o 1º condensador.
14. Colocar o 2º condensador no calibrador e robot de limpeza, antes do robot terminar a limpeza do 1º.
15. (Pretende-se que seja o calibrador a esperar pelo robot).



Iniciar novo ciclo. É fundamental evitar tempos de espera na gaveta de RIS e robot de limpeza. Seja dinâmica e mantenha um ritmo de trabalho constante e eficiente!



Colaboradora Pivô

A **operadora pivô** deverá ter o cuidado de certas tarefas serem realizadas exclusivamente por ela, tais como:

- Embalamento do blister completo, que deverá estar colocado em cima da mesa de apoio e protegido pelo plástico. Depois de fechar a caixa não esquecer de carimbar a mesma com o seu número.
- Auxiliar a operadora do posto com a mudança de encomenda, nomeadamente:
 - Retirar a paleta com a encomenda para a zona adequada e colocação de uma paleta vazia;
 - Sempre que terminar uma encomenda e faltarem condensadores, deverá ser a operadora pivô a procurar os mesmos. Se a quantidade em falta for elevada, e implicar paragem prolongada do equipamento de ensaios, a colaboradora do posto MJ deverá iniciar a nova encomenda enquanto a operadora pivô procura. Depois de encontrados todos os condensadores, proceder à sua finalização.
 - Sempre que termine uma encomenda, a operadora do posto MJ, deverá confirmar nos relatórios o número de condensadores medidos e registo de todas as medições. Caso falte algum registo de medição em um condensador já embalado, deverá solicitar a colaboração da operadora pivô para a procura dos mesmos nas caixas.
 - Na finalização de encomenda, a colaboradora do posto MJ deverá preencher o registo de fim de encomenda, onde deverá registar o estado de todos os condensadores no



momento da finalização ("total cds" tem de ser igual ao "Somatório cds"). Simultaneamente a pivô deverá iniciar as medições da nova encomenda.

- Deverá ser a operadora pivô a realizar a montagem das caixas, e abastecimento de todo o material utilizado no embalamento caso seja necessário.

Além de tudo o que descrito anteriormente, é fundamental o trabalho de equipa entre as 2 operadoras. A operadora pivô deverá passar no posto MJ de uma forma cíclica e constante.

	Sim/não	18/04/2016
Arquivo		
Encaminhado		
Cartão com		
Cód. Bone		
Pr. laboratório		
Pr. made		
Folhas eletrônicas	Cap	
	ms	
	br	
	0,34/10	
Folhas mecânicas	Maisa no copo/terminal	
	Qualidade enchimento/bolhas	
	Terminal: aço (washer)	
	Sem pontos	
	Fuga de estanho	
	Enchimento alto	
	Não caibira	
	Outro	
Pr. recuperar		
Pr. verificar defeitos		
Pr. registrar defeitos no bdt		
Desmontagem e		
Operador		
Data		
Estado	Pr. verificar	
	Pr. registrar	
	Pr. enviar	



Trabalhe em Equipa!!

Apêndice III – VSM do processo produtivo melhorado

Dada a extensão e complexidade do processo produtivo, optou-se por disponibilizar digitalmente o VSM melhorado através do QRcode:



Ou através do link [https://cutt.ly/VSM_Melhorado_Vishay].